

المملكــة العربيــة الســعودية
المؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني
الإدارة العامة لتصميم وتطوير المناهج

تخصص أجهزة طبية

الإشارات الطبية الحيوية

١٤٨ أطب



جميع الحقوق محفوظة للمؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني

مقدمة

الحمد لله وحده، والصلاة والسلام على من لا نبي بعده، محمد وعلى آله وصحبه، وبعد:

تسعى المؤسسة العامة للتدريب التقني والمهني لتأهيل الكوادر الوطنية المدربة القادرة على شغل الوظائف التقنية والفنية والمهنية المتوفرة في سوق العمل، ويأتي هذا الاهتمام نتيجة للتوجهات السديدة من لدن قادة هذا الوطن التي تصب في مجملها نحو إيجاد وطن متكامل يعتمد ذاتياً على موارده وعلى قوة شبابه المسلح بالعلم والإيمان من أجل الاستمرار قدماً في دفع عجلة التقدم التنموي؛ لتصل بعون الله تعالى لمصاف الدول المتقدمة صناعياً.

وقد خطت الإدارة العامة لتصميم وتطوير المناهج خطوة إيجابية تتفق مع التجارب الدولية المتقدمة في بناء البرامج التدريبية، وفق أساليب علمية حديثة تحاكي متطلبات سوق العمل بكافة تخصصاته لتلبي متطلباته، وقد تمثلت هذه الخطوة في مشروع إعداد المعايير المهنية الوطنية الذي يمثل الركيزة الأساسية في بناء البرامج التدريبية، إذ تعتمد المعايير في بنائها على تشكيل لجان تخصصية تمثل سوق العمل والمؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني بحيث تتوافق الرؤية العلمية مع الواقع العملي الذي تفرضه متطلبات سوق العمل، لتخرج هذه اللجان في النهاية بنظرة متكاملة لبرنامج تدريبي أكثر التصاقاً بسوق العمل، وأكثر واقعية في تحقيق متطلباته الأساسية.

وتتناول هذه الحقيبة التدريبية " الإشارات الطبية الحيوية " لمتدربي تخصص " فني الأجهزة الطبية" للكليات التقنية موضوعات حيوية تتناول كيفية اكتساب المهارات اللازمة لهذا التخصص.

والإدارة العامة لتصميم وتطوير المناهج وهي تضع بين يديك هذه الحقيبة التدريبية تأمل من الله عز وجل أن تسهم بشكل مباشر في تأصيل المهارات الضرورية اللازمة، بأسلوب مبسط يخلو من التعقيد، وبالاستعانة بالتطبيقات والأشكال التي تدعم عملية اكتساب هذه المهارات.

والله نسأل أن يوفق القائمين على إعدادها والمستفيدين منها لما يحبه ويرضاه؛ إنه سميع مجيب الدعاء.

الإدارة العامة لتصميم وتطوير المناهج

تمهيد

يتكـــون جســـم الإنســـان مـــن مجموعـــة مـــن الأجهـــزة Systems، كـالجهـــاز الهيكلـــي العضلي Musculoskeletal system، والجهاز التنفسي Respiratory system، الجهاز الهضمي Gastrointestinal system، الجهاز العصبي Nervous system، الجهاز الغددي Endocrine system، و الجهاز الدوري Circulatory system.

كل جهاز من تلك الأجهزة يتكون من عدة أنسجة تمكنه من القيام بالوظيفة والدور المناط بها. بدورها تتكون الأنسجة من عدد هائل من الخلايا و تمثل الخلية الوحدة التركيبية والوظيفية Functional and structural في الكائنات الحية.

معظم الأجهزة المكونة لجسم الإنسان أثناء قيامها بوظيفتها الفسيولوجية تصدر إشارات حيوية. من خلال تسجيل وتحليل تلك الإشارات الصادرة عن جهاز معين أو جزء منه يستطيع الطبيب أن يقيم أداء ذلك الجهاز.

تعرف الإشارة بأنها دالة مرتبطة بالزمن تصف كمية فيزيائية وتحمل معلومات عن تلك الكمية كالجهد v(t) والتيار i(t) وغيرهما.

أما الإشارة الحيوية فهي إشارة جهد مباشر أو حولت إلى إشارة جهد بواسطة محولات الطاقة. سميت الإشارات الحيوية بهذا الاسم لأن مصدرها جسم الكائنات الحية متعددة الخلايا كالإنسان وذلك أثناء قيام بعض أجهزته بوظائفها الفسيولوجية وفي هذه الحقيبة سنقصد بالإشارات الحيوية الإشارات الصادرة عن عمل أجهزة جسم الإنسان.

هناك عدد من الإشارات الحيوية التي يصدرها جسم الإنسان منها: إشارات القلب ECG، إشارات الدماغ EEG، إشارات العضلات EMG، إشارات ضغط الدم، وإشارات التنفس.



الإشارات الطبية الحيوية

الجهد الحيوي

الجهد الحيوي

١

جميع الحقوق محفوظة للمؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني

الوحدة الأولى

الجهد الحيوي Biopotential

الجدارة: معرفة المتدرب الجهود الحيوية وكيفية نشأتها.وأنتشارها على سطح الجسم .

الأهداف:

عندما تكمل هذه الوحدة تكون لديك القدرة على معرفة:

- منشأ الجهد الحيوي
- طرق انتقال الجهد الحيوي

مستوى الأداء المطلوب :أن يصل المتدرب إلى إتقان هذه الجودة بنسبة ٩٥٪

الوقت المتوقع للتدريب:٣ ساعات

الوسائل المساعدة :

١- سبورة .

٢- أقلام متعددة الألوان.

٣- حاسب آلي.

٤- عرض محاكاة لانتشار الايونات.داخل الخلية.

متطلبات الجدارة:

يجب التدرُب على جميع المهارات لأول مرة.

مقدمة :

من المعروف أن جميع المواد الموجودة داخل الجسم من سوائل وعناصر معدنية تكون في حركة دائمة من وإلى الخلايا. وتتم هذه الحركة عبر الأغشية الخلوية Cell membrane ، التي من طبيعتها أنها شبه نفاذة semipermeable أي ذات نفاذية معينة بحيث تسمح بمرور بعض المواد بينما تمنع مرور مواد أخرى وذلك حسب حاجة الخلية. و يلاحظ أن تركيز بعض الأيونات والشحنات داخل الخلية يختلف عما هو عليه خارج الخلية وهذا يعني أن غشاء الخلية لا يسمح بالمرور الحر للايونات بل يعمل حاجزا فيمنع اختلاط نفس هذه الأيونات أو المواد على جانبي الغشاء إلا عند الحاجة لذلك.

١,١الجهد الحيوي Biopotential

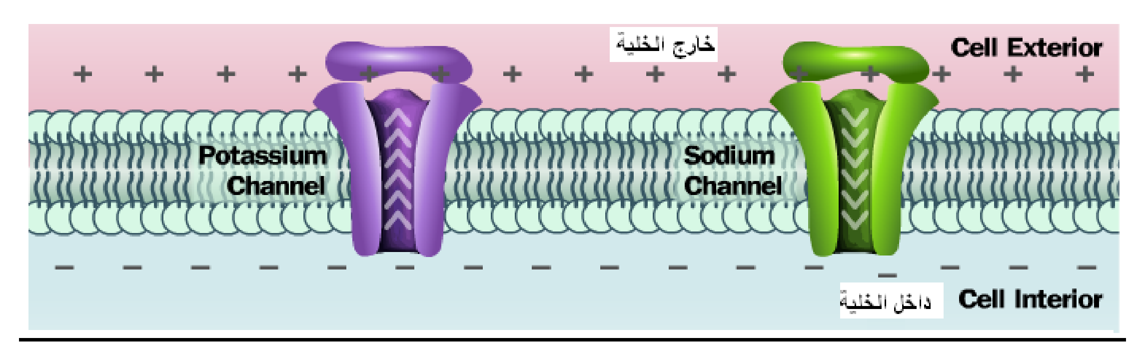
يتكون الجهد الحيوي في بعض خلايا جسم الإنسان نظرا للاختلاف في تركيز أيونات ions الصوديوم(Na+) sodium، أيونات البوتاسيوم(K+)potassium ، وأيونات الكلور(Cl-)chloride.

١,١,١جهد الراحة Resting potential

تعتمد نفاذية غشاء الخلية على الحالة التي تكون فيها الخلية. عندما تكون الخلية في حالة الراحة والاستقرار يكون غشاء الخلية أكثر نفاذية لأيونات البوتاسيوم(K+) ، وأيونات الكلور(Cl-) منه لأيونات الصوديوم(Na+)، ينتج عن ذلك زيادة في تركيز أيونات الصوديوم الموجبة خارج الخلية عن تركيزه داخلها. العكس يحدث لأيونات البوتاسيوم حيث يكون تركيز أيونات البوتاسيوم في حالة الراحة خارج الخلية أقل من تركيزها داخل الخلية. أي ان تركيز أيونات الصوديوم يكون عالي خارج الخلية وتركيز أيونات البوتاسيوم يكون عالي داخل الخلية. تسمى هذه الظاهرة بظاهرة تدافع الصوديوم البوتاسيوم sodium-potassium pump فيتم دفع أيونات البوتاسيوم داخل الخلية وايونات الصوديوم خارجها.

معدل دفع أيونات الصوديوم يعادل خمسة أضعاف دفع أيونات البوتاسيوم مما يسبب اختلاف في تركيز الأيونات الصوديوم +Na والبوتاسيوم K + على جانبي غشاء الخلية. هذا الاختلاف في التركيز يولد جهد كهربائي داخل الخلية ويجعل الخلية في حالة الاستقطاب polarization. يصل هذا الجهد والمسمى بجهد الراحة من 70 mv – إلى 90 mv –. إشارة السالب سببها أن الأيونات الموجبة داخل

الخلية أقل من الأيونات الموجبة خارجها. لذا يكون الجهد داخل الخلية سالباً بالنسبة إلى الجهد خارجها. الشكل ١,١ يوضح وضع الخلية في حالة الراحة مبينة فرق الجهد على جانبي الخلية.



شكل ١,١ وضع الخلية في حالة الراحة

يحسب جهد الراحة للخلية من خلال معادلة Nernet المبسطة التالية:

$$E_{(mV)} = \pm 60 \ln \frac{C_o}{Ci}$$

حيث إن:

E(mV) : جهد الراحة للخلية بالملي فولت (mV)

Ci : تركيز الأيونات داخل الخلية بالمول لكل سم٣ (mol/cm^3)

Co : تركيز الأيونات خارج الخلية بالمول لكل سم٣ (mol/cm^3)

علما بأن إشارة ± في المعادلة السابقة تدل على أن إشارة الجهد الناتج تعتمد على النقطة المرجعية لحسابه فمثلا $V_{ab} = - V_{ba}$.

مثال

معدل تركيز أيونات البوتاسيوم (K^+) داخل الخلية لمجموعة من الخلايا في حالة الراحة يعادل(20×10^{-6} mol/cm^3) بينما تركيز أيونات البوتاسيوم (K^+) خارج الخلايا لنفس المجموعة يعادل (5×10^{-6} mol/cm^3). احسب جهد الراحة؟

الحل:

$$E_{(mV)} = 60 \ln \frac{C_o}{Ci}$$

$$= 60 \ \ln \frac{5x10^{-6} \ \text{moles/cm}^3}{20x10^{-6} \ \text{moles/cm}^3}$$

$$= 60 \ \ln \frac{1}{4} = -83.18\, mV$$

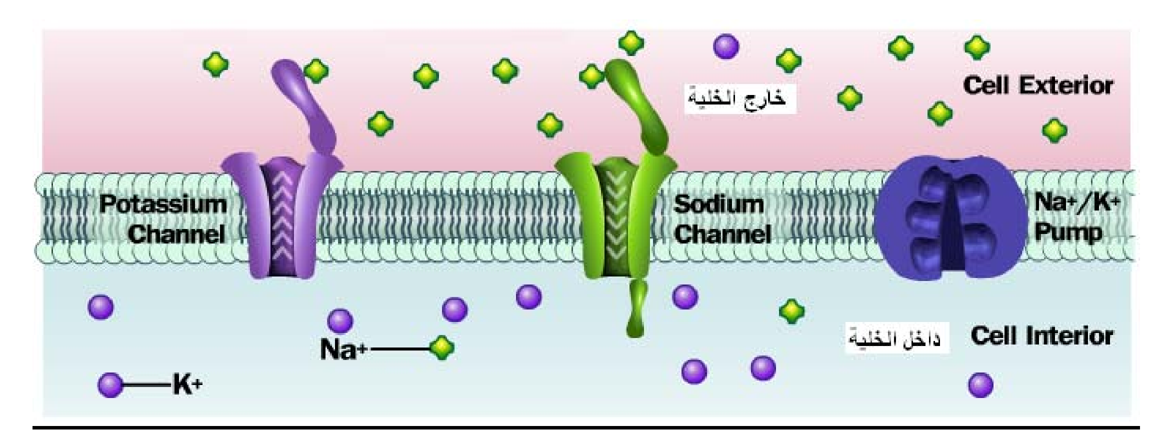
الجدول يوضح تركيز بعض الأيونات داخل وخارج غشاء الخلية للجهاز العضلي .

الأيون Ion	داخل الخلية Intracellular	خارج الخلية Extracellular
Na+	12 mM	145 mM
K+	155 mM	4 mM
Ca++	0.001 mM	1.5 mM
Cl-	4 mM	123 mM

١,١,٢ جهد التحفيز (جهد الفعل) Action potential

عندما تتعرض الخلية إلى التحفيز فإن طبيعة غشاء الخلية يتغير مباشرة فيصبح أكثر نفاذية لأيونات الصوديوم(Na^+)، مما يسبب اندفاع أيونات الصوديوم(Na^+) داخل الخلية بينما تتدفع أيونات البوتاسيوم(K^+)، خارج الخلية وينتج عن ذلك جهد يسمى بجهد التحفيز. الشكل ١,٢ يوضح وضع الخلية في حالة جهد الفعل.

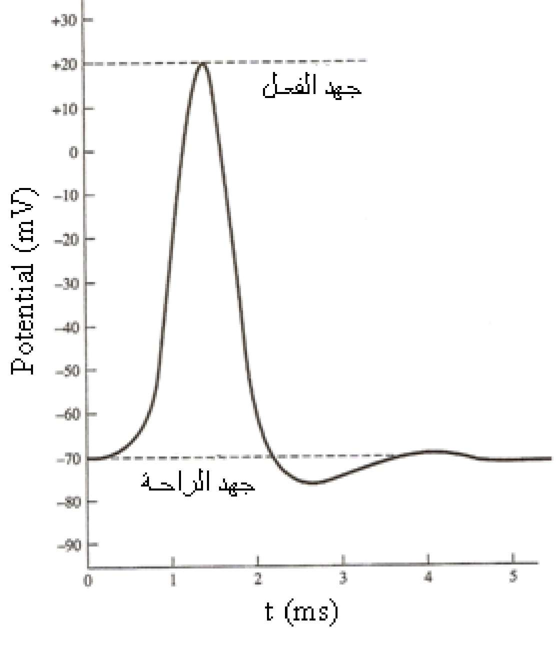
قيمة جهد التحفيز من 20 mv + إلى 40 mv +. إشارة الموجب سببها أن الأيونات الموجبة داخل الخلية أكثر من الأيونات الموجبة خارجها. لذا يكون الجهد داخل الخلية موجبا بالنسبة إلى الجهد خارجها. فبهذا يكون جهد الخلية قد تغير من 90 mv - إلى 20 mv + ويطلق على هذه المرحلة بمرحلة إلغاء الاستقطاب للخلية Depolarization.



شكل ١,٢ يوضح وضع الخلية في حالة جهد الفعل

بعد ذلك ترجع الخلية تدريجياً إلى حالة الراحة التي سبقت عملية التحفيز حيث يعود فرق الجهد إلى قيمته السابقة وهي 90 mv - وتسمى هذه العملية بإعادة الاستقطاب Repolarization.

عندما يعاد تحفيز الخلية مرة أخرى تتكرر هذه الدورة كاملة علما بأنه لا يمكن إعادة تحفيز الخلية إلا بعد إعادة الاستقطاب لها بشكل تام. الدورة الكاملة لجهد الخلية موضحة في الشكل ١,٣.



الشكل ١,١ الدورة الكاملة لجهد الخلية

١,٢ انتشار جهد التحفيز Propagation of Action potentials

بعد تحفيز الخلية وتكون الجهد الحيوي يبدأ تيار من الأيونات بالسريان. هذا التيار بدوره يحفز الخلايا المجاورة وهكذا تتم العملية إلى أن يصل هذا الجهد إلى سطح الجلد. أما في حالة الخلايا العصبية ذات الألياف الطويلة فإن الجهد الحيوي يتولد على طرفي الألياف وتنتشر في الاتجاهين المتعاكسين لنقطة التحفيز إلى أن يصل هذا الجهد إلى سطح الجلد.

سرعة انتقال جهد التحفيز و الجهد الحيوي من خلية إلى أخرى يسمى معدل الانتشار Propagation rate. بينما تسمى سرعة انتقال جهد التحفيز في الألياف العصبية بسرعة التوصيل nerve conduction velocity.

قيمة سرعة الانتقال تختلف بشكل واضح من خلية إلى أخرى، يعتمد ذلك على نوع وقطر الخلية. سرعة الانتقال في الخلايا العصبية تتراوح من 20 إلى 140 متر بالثانية (m/sec).

سرعة انتقال الجهد الحيوي خلال عضلة القلب تتراوح من 0.4 إلى 0.2 متر بالثانية (m/sec).

أسئلة وتمارين

١. احسب جهد الراحة إذا علمت أن معدل تركيز أيونات البوتاسيوم $(K+)$ داخل الخلية لمجموعة من الخلايا في حالة الراحة يعادل$(30x10^{-6}\ mol/cm^3)$ بينما تركيز أيونات البوتاسيوم $(K+)$خارج الخلايا لنفس المجموعة يعادل$(6x10^{-6}\ mol/cm^3)$؟

٢. اشرح كيف يتكون جهد الراحة؟

٣. وضح كيف يتكون جهد الفعل؟

٤. كيف يتم انتشار الجهد الحيوي؟

٥. وضح بالرسم شكل وقيمة الجهد الحيوي؟

المملكـــة العربيـــة الســـعودية
المؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني
الإدارة العامة لتصميم وتطوير المناهج



الإشارات الطبية الحيوية

الحساسات الحيوية

الحساسات الحيوية

٢

جميع الحقوق محفوظة للمؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني

الوحدة الثانية

اسم الوحدة: الحساسات (المجسات) الحيوية Biosensors

الجدارة: معرفة المتدرب للأنواع المختلفة للحساسات الحيوية المستخدمة في الحصول على الجهود الحيوية.وكذلك دراسة المكونات الأساسية لتلك الحساسات وتطبيقاتها.

الأهداف:

عندما تكمل هذه الوحدة تكون لديك القدرة على معرفة :

١. الأقطاب الحيوية السطحية
٢. الأقطاب الحيوية الإبرية
٣. استخدامات الأقطاب الحيوية المختلفة
٤. أنواع مبدلات الطاقة الحيوية
٥. تطبيقات مبدلات الطاقة الحيوية

مستوى الأداء المطلوب : أن يصل المتدرب إلى إتقان هذه الجودة بنسبة ٩٠٪

الوقت المتوقع للتدريب: ٨ ساعات

الوسائل المساعدة :

١- سبورة.
٢- أقلام متعددة الألوان .
٣- عارض بيانات .
٤- حاسب آلي.
٥- عرض نماذج مختلفة من الحساسات.

متطلبات الجدارة:

يجب التدرُب على جميع المهارات لأول مرة.

الحساسات الحيوية Biosensor

مقدمة

معظم الأجهزة الطبية هي أجهزة إلكترونية، لذا يجب أن تكون إشارة دخلها عبارة عن إشارات كهربائية. من المعلوم أن الإشارات الحيوية هي إشارات ضعيفة من حيث القيمة والتردد فلا بد من استخدام الحساسات الملائمة لتسجيلها ومن ثم استخدام المكبرات الحيوية لتكبير تلك الإشارات لتسهيل قراءتها وتحليلها.

الحساس هو أداة تستخدم في أجهزة القياس لها خاصية اكتشاف أي تغير مهما كان بسيطا في قيمة الكمية المراد قياسها وفي الأجهزة الطبية تقسم الحساسات إلى قسمين هما:

١. الأقطاب الحيوية Bioelectrodes
٢. محولات الطاقة Transducers

فعندما نريد قياس الجهد الحيوي لا بد من استخدام الأقطاب electrodes الملائمة لقياس ذلك الجهد. أما في حالة قياس كميات حيوية غير كهربائية كضغط الإنسان ودرجة حرارته وتدفق الهواء وغيرها فإننا نحتاج لاستخدام محولات الطاقة حيث تعمل هذه المحولات على تحويل الكميات الحيوية إلى إشارات كهربائية.

تمثل الحساسات الحيوية بشقيها الأقطاب ومحولات الطاقة حلقة الوصل المباشرة بين جسم الإنسان والأجهزة الطبية الإلكترونية التشخيصية والعلاجية.

كل تحول في متغيرات وظائف الأعضاء يتبعه انبعاث للطاقة يمكن قياسها بواسطة محول الطاقة وتحويلها إلى إشارات كهربائية يكون تغيرها دلالة على تغير في ذلك العضو المراد قياسه مثل الإشارات الكهربائية للقلب و ضغط الدم.

٢,١ الأقطاب الحيوية Bioelectrodes

قبل الحديث عن الأقطاب الحيوية لا بد من تعريف المصطلحين التالية: الكهرباء الحيوية Bioelectricity، التوصيل الأيوني Ionic Conduction و التوصيل الكهربائي Electric Conduction.

- الكهرباء الحيوية Bioelectricity هي ظاهرة طبيعية تحدث نتيجة لان الكائنات الحية متعددة الخلايا كالإنسان تتكون من أيونات مختلفة و بتركيز مختلف فاختلاف التركيز بين نقطتين كداخل الخلايا وخارجها وحركة تلك الأيونات هو ما يدعى بالكهرباء الحيوية.
- التوصيل الأيوني Ionic Conduction هو انتقال الأيونات الموجبة والسالبة ضمن منطقة معينة.
- التوصيل الكهربائي Electric Conduction يمثل حركة الإلكترونات تحت تأثير مجال كهربائي.

يمكن الحصول على الأيونات وبشكل سهل في المحاليل الإلكتروليتية electrolyte solution وينتج فرق جهد عندما يكون هناك فرق في تركيز الأيونات بين نقطتين.

الأقطاب الحيوية هي عبارة عن حساسات تعمل على تحويل التوصيل الأيوني Ionic Conduction إلى توصيل كهربائي Electric Conduction حيث يتم التعامل معه كإشارة كهربائية تتم معالجته بواسطة دوائر الكترونية.

تتكون الأقطاب الحيوية من معادن metals لها خاصية المعادن المنحلة بالكهرباء metal_electrolyte أي لها خاصية توليد أيونات . معظم الأقطاب تصنع من معدن الفضة المغطاة بطبقة من كلوريد الفضة (Ag_AgCl) ولا ينصح باستعمال النحاس لأنه يولد أيونات النحاس ($Cu2^{++}$) السامة.

هناك أنواع مختلفة من الأقطاب المستخدمة لقياس الجهود الحيوية ويمكن تصنيف تلك الأقطاب من وجه نظر موضعها أثناء القياس إلى ثلاث مجموعات رئيسة:

١. الأقطاب المايكروية Microelectrodes

تستخدم هذه الأقطاب لقياس الجهد الحيوي بجانب أو داخل خلية منفردة. لذلك فهي متناهية الصغر فمساحة سطحها لا يتجاوز 2 µm وذلك كي نتمكن من الولوج إلى الخلية دون إتلافها.

٢. الأقطاب السطحية Skin surface electrodes

الأقطاب السطحية هي أكثر أنواع الأقطاب شيوعا. تستخدم هذه الأقطاب لقياس الجهود الحيوية على سطح الجلد كإشارات تخطيط القلب ECG ، إشارات تخطيط الدماغ EEG ، و إشارات تخطيط العضلات EMG.

تتميز الأقطاب السطحية بكبر مساحة سطحها فنصف قطر الدائري منها يتراوح من 0.3 إلى 5 سنتمتر.

عند قياس الإشارات السطحية لا بد من استخدام جل موصل conductive gel يعمل هذا الجل على خفض الممانعة بين الأقطاب و الجلد فبدون استخدام ذلك الجل تكون الإشارة مشوشة.

تقسم الأقطاب السطحية من حيث الاستخدام إلى قسمين:

أ- أقطاب تستخدم لمرة واحدة فقط Disposable Electrode.

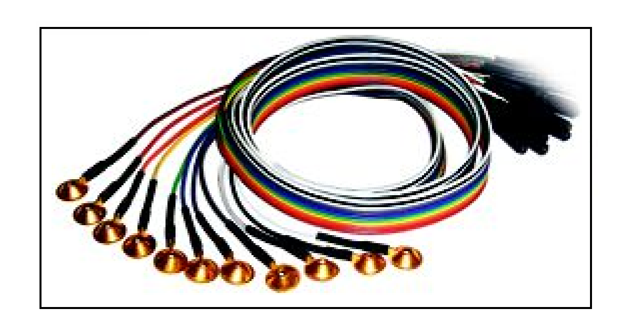
ب- أقطاب تستخدم لعدة مرات Reusable Electrode.

تأخذ الأقطاب السطحية أشكال مختلفة وذلك حسب نوع القياس ومكانه. فالأقطاب الأقطاب المستخدمة لقياس إشارة القلب ECG تختلف عن تلك الأقطاب المستخدمة لتسجيل إشارة الدماغ EEC كما تختلف أيضا عن الأقطاب المستخدمة لتسجيل إشارة العضلات EMG. الأشكال (٢,١) إلى (٢,٧) تمثل أنواع مختلفة من تلك الأقطاب المستخدمة لتسجيل الإشارات الحيوية المختلفة.

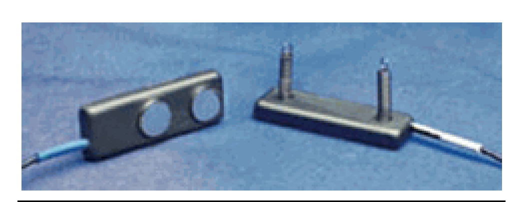


شكل (٢,١) أقطاب سطحية لتسجيل إشارة EMG





شكل (٢,٢) أقطاب سطحية لتسجيل إشارة EEG مصنوعة من الذهب والفضة



شكل (٢,٣) أقطاب سطحية فعالة (تحتوي على الجل بداخلها) لتسجيل إشارة ECG



شكل (٢,٤) أقطاب سطحية تستخدم مرة واحدة لتسجيل إشارة ECG



شكل (٢,٥) أقطاب سطحية لتسجيل إشارة ECG

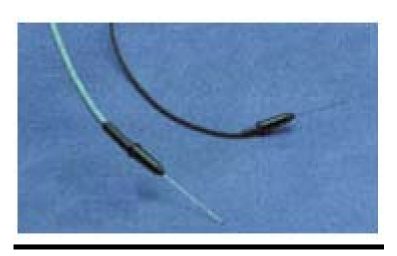
٣. الأقطاب الإبرية Needle electrodes

تستخدم الأقطاب الإبرية لاختراق الجلد وذلك في ثلاث حالات:

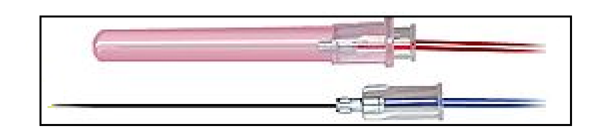
أ- عندما تكون مقاومة الجلد عالية جدا فيكون توصيله الكهربائي سيئا poor skin.

ب- قياس إشارات الدماغ EEG ، وتحديدا الجهد الحيوي لمنطقة معينة في الدماغ .

ت- كما تستخدم الأقطاب الإبرية لقياس إشارات تخطيط العضلات EMG وتحديدا الجهد الحيوي لمجموعة معينة في العضلات.



شكل (٢,٦) أقطاب إبرية لتسجيل إشارة EEG



شكل (٢,٧) أقطاب ابريه لتسجيل إشارة EMG

٢,٢ محولات الطاقة Transducers

محولات الطاقة هي الأداة المستخدمة لتحويل إحدى صور الطاقة إلى صورة أخرى ، وتعد محولات الطاقة هي حلقة الوصل بين جسم الإنسان وأجهزة القياس الإلكترونية والكهربائية التي تقوم بمراقبة ودراسة جسم الإنسان أو علاجه.

كل تحول في متغيرات وظائف الأعضاء يتبعه انبعاث للطاقة يمكن قياسها بواسطة محول الطاقة وتحويلها إلى إشارات كهربائية يكون تغيرها دلالة على تغير في ذلك العضو المراد قياسه مثل الإشارات الكهربائية للقلب.

تتخذ محولات الطاقة أشكالاً وأحجاماً متعددة لتفي بأغراض القياس ويكون تصميمها بسيطاً وتتميز بالدقة العالية في التصنيع حيث إن المتغيرات المراد قياسها تكون متناهية الصغر في قيمها مما يشكل صعوبة في تحليل نتائج القياس. واستخدام مكبر الإشارات الكهربائية (Amplifier) كضرورة من ضروريات الدوائر الإلكترونية المرتبطة بمحولات الطاقة لهذا السبب .

لذا يجب أن تتوفر في محولات الطاقة الشروط التالية:

- حساسية عالية لأي تغير في مقدار الطاقة المراد نقلها .
- استجابة زمنية سريعة لأي تغير في مقدار الطاقة المراد نقلها .
- علاقة الدخل والخرج علاقة خطية .
- تناسب حجمها مع الوظيفة التي ستقوم بها.

يمكن تقسيم محولات الطاقة تبعاً لنوعية الكمية الفيزيائية التي تؤثر عليها لتحويلها إلى صورة أخرى من الطاقة (غالبا ما تكون كهربائية) إلى أربعة أقسام رئيسة:

١. محولات الطاقة الميكانيكية
٢. محولات الطاقة الحرارية
٣. محولات الطاقة الضوئية
٤. محولات الطاقة للأمواج فوق الصوتية

٢,٢,١ محولات الطاقة الميكانيكية Mechanical Transducers

تستخدم محولات الطاقة الميكانيكية بصورة عامة لتحويل القوة الميكانيكية الواقعة عليها والناشئة مثلاً من ضغط الدم أو انقباضات العضلات أو من الصوت الصادر من صمامات القلب، إلى إشارات كهربائية يمكن قياسها وتضخيمها وبيان قيمها المتغيرة.

وأمثلة محولات الطاقة الميكانيكية الكهربائية والمستخدمة بكثرة في تطبيقات أجهزة القياسات الطبية ما يلي :-

١) محول الطاقة السعوي Capacitive Transducer

يتكون المكثف Capacitor من لوحين يبتعدان عن بعضهما مسافة (d)، لهما مساحة مشتركة (A) وتفصل بينهما مادة عازلة ويعبر عن سعة المكثف Capacity بالعلاقة التالية:

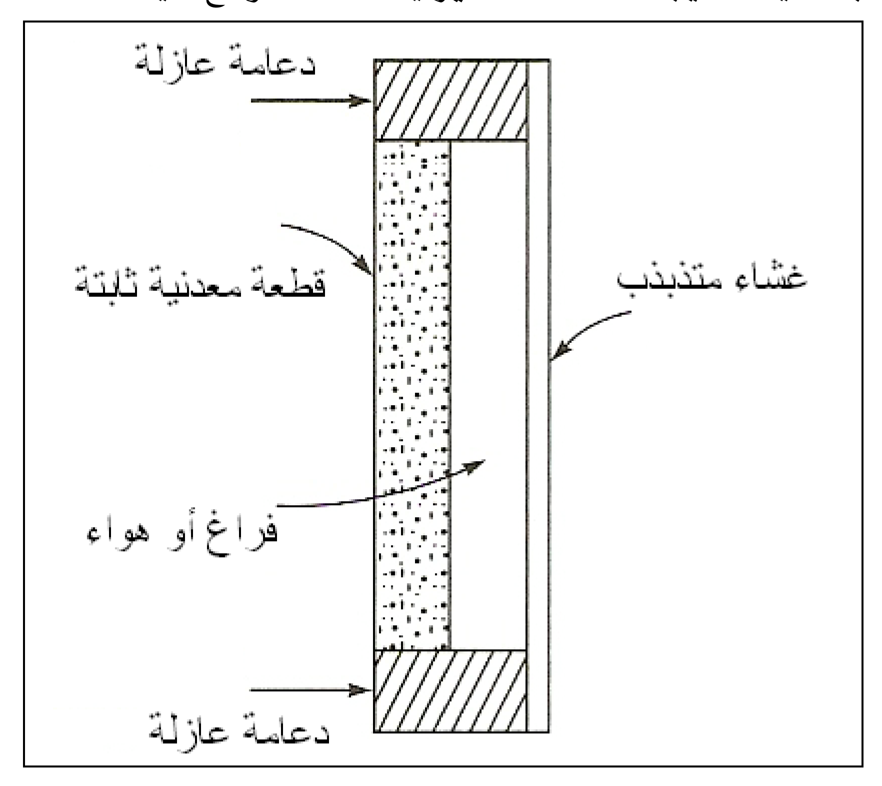
$$C = 0.0885\, K \frac{A}{d} \qquad pF \qquad (2.1)$$

حيث إن:

A : المساحة المشتركة بين الصفيحتين
d : المسافة بين الصفيحتين
K : ثابت العزل الكهربائي للمادة العازلة

يعمل محول الطاقة السعوي بمبدأ تغير السعة وذلك بتغير قيمة المساحة المشتركة بين الصفيحتين A أو تغير قيمة المسافة بين الصفيحتين d وذلك نتيجة تأثير قوة ميكانيكية عليه.

ويوضح الشكل (٢,٨) محول الطاقة السعوي الذي يتألف من " غشاء معدني " رقيق للغاية أي يمكن إهمال وزنه وله صلابة عالية مما يجعله حساساً للتغير في الضغط الواقع عليه.



شكل (٢,٨) محول الطاقة السعوي

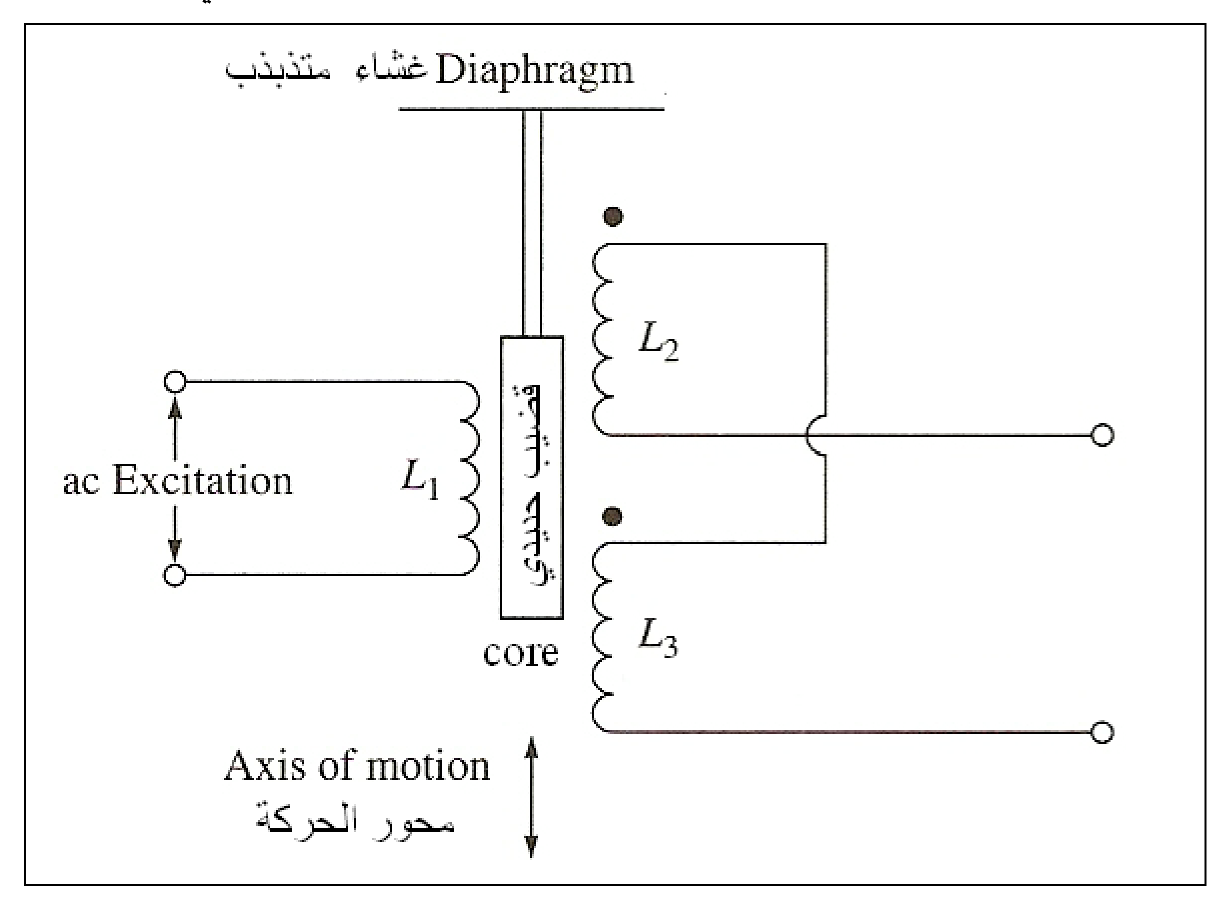
عندما يوصل محول الطاقة السعوي في دائرة كهربائية ذات مقاومة ثابتة (R) ومصدر طاقة متناوب، فإن أي تغير في الطاقة الميكانيكية يؤدي إلى تغير في قيمة (A أو d) يتبعه تغير في السعة (Capacity) وينتج عن ذلك تغير في قيمة التيار الكهربائي (Current) المار في الدائرة.

٢) محول الطاقة التفاضلي Linear Variable Differential Transducer (LVDT)

يتكون محول الطاقة التفاضلي من ثلاثة محولات كهربائية (Transformer) واحد أساسي (Primary Transformer) واثنان ثانويان(Secondary Transformers) متصلين على التوالي ولكن بشكل تضاربي - أي الفولت المتولد في الملف يعاكس الفولت المتولد في الآخر والمحصلة هو فرق الجهدين. يوجد بين المحول الأساسي والآخران الثانويان قضيب معدني يتحرك باتجاهين حسب القوة المؤثرة عليه. يؤدى تحرك القضيب المعدني المموج المبين في شكل (٢,٩) إلى حركة قلب مغناطيسي

(Magnetic Core)يقع بين ملف ابتدائي وملفين ثانويين ،أما الملف الابتدائي فيغذى بتيار متردد،فإذا كانت القوة على القضيب المعدني المموج يساوي صفراً يكون القلب المغناطيسي في المنتصف بين الملفين الثانويين وبذلك يكون فرق الجهد بينهما يساوي صفرا.

أما إذا وقع جهد على االقضيب المعدني فيكون القلب المغناطيسي أقرب إلى أحد الملفين الثانويين من الآخر وبذلك يكون هناك فرق جهد دال على الإزاحة الحاصلة من تحرك الغشاء المعدني .



شكل (٢,٩) محول الطاقة التفاضلي

٣) محول الطاقة بمقياس الإجهاد Strain Gauge Transducer

يعد محول الطاقة بمقياس الإجهاد من أهم أنواع محولات الطاقة فهي تستخدم في قياس الضغط. يعتمد محول الطاقة بمقياس الإجهاد في نظرية عمله على تغير قيمة المقاومة المعدنية إذا تعرضت إلى إجهاد (stress). وتعتمد محولات الطاقة بمقياس الإجهاد على خاصية تسمى معامل القياس Gauge

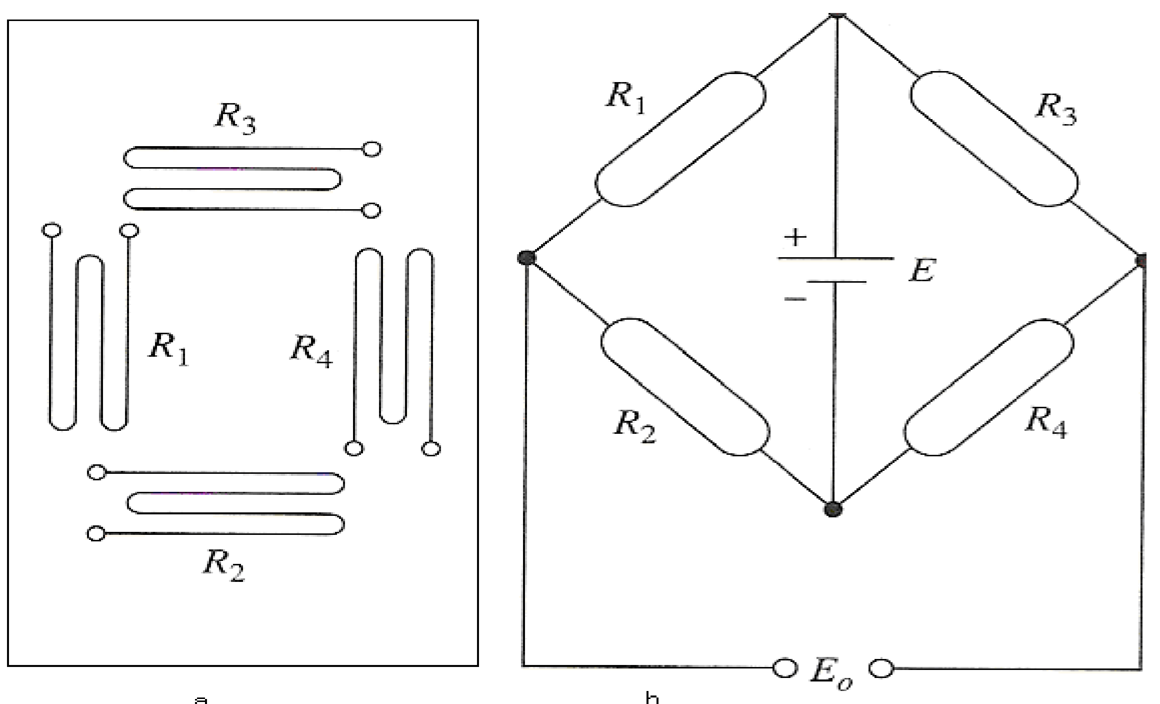
Factor (GF) وتُعرف على أنها النسبة بين مقدار التغير في وحدة المقاومة والتغير في وحدة الطول وطبقاً للمعادلة التالية :-

$$GF = \frac{\Delta R / R}{\Delta L / L} \qquad (2)$$

حيث (R) هي المقاومة قبل الإجهاد و (L) هي الطول و (ΔR) هي مقدار التغير في قيمة المقاومة و (ΔL) هي مقدار التغير في الطول.

التغير في قيمة المقاومة يعتبر قليل جدا لذا يتم استخدام قنطرة هويتستون (Wheatstone Bridge) لقياس المقاومات الكهربائية عن طريق جعل أحداها "مقاومة فعالة " (Active Strain stress)وهذا ما يعرف باسم" المقياس" (Gauge)ويستنتج من ذلك أن باقي المقاومات في قنطرة هويتستون هي مقاومات " سلبية " (Passive) أي غير فعالة. بما أن التغير في قيمة المقاومة قليل بالتالي فرق الجهد يكون قليل لذا نحتاج إلى تكبير ذلك الجهد وذلك باستخدام مكبر عمليات.

شكل ٢،١٠a يوضح محول الطاقة بمقياس الإجهاد وشكل ٢،١٠b يبين كيفية توصيله بقنطرة هويتستون



شكل (٢،١٠) a محول الطاقة بمقياس الإجهاد Strain Gauge

b توصيل مقياس الإجهاد بقنطرة هويتستون



٢,٢,٢ محولات الطاقة الحرارية Temperature Transducers

هناك نوعان رئيسان من محولات الطاقة الحرارية:

- المزدوجات الحرارية Thermocouples
- المقاومات الحرارية

المزدوجات الحرارية Thermocouples

يتكون المزدوج الحراري من وصل سلكين من معدنين مختلفين و غالبا ما يستخدم سلك من البلاتين وآخر خليط من البلاتين والراديوم.

يعتمد عمل المزدوج الحراري على توليد فرق جهد ، يتناسب مقدار هذا الجهد تناسبا طرديا مع درجة حرارة الجسم المراد قياس حرارته.

قيمة فرق الجهد المتولدة تكون صغيرة يقاس بوحدات المللى فولت (mv) أو الكسر العشري من المللى فولت. لذا نحتاج لتكبير هذا الجهد بواسطة دائرة إلكترونية يكون مكبر العمليات هو أساسها بحيث يتناسب جهد خرج المكبر تناسبا طرديا وخطيا مع درجة الحرارة. فمثلا إذا كان جهد المكبر٧,٦ 5.3, فولت يعني أن درجة الحرارة ٧٦ ، ٥٣ درجة مئوية على التوالي.

المقاومات الحرارية Thermal Resistors

يعتمد مبدأ عمل محولات الطاقة الحرارية على تغير قيمة المقاومة للمادة بتغير درجة الحرارة.

تقسم المقاومات الحرارية إلى قسمين:

- مقاومات لها معامل حراري موجب (Positive Temperature Coefficient (PTC . أي أن قيمة المقاومة تزداد بزيادة درجة الحرارة.
- مقاومات لها معامل حراري سالب (Negative Temperature Coefficient (NTC . أي أن قيمة المقاومة تتناقص بزيادة درجة الحرارة.

وتستخدم ظاهرة المقاومات الحرارية في تصنيع ميزان الحرارة الذي يقيس التغير في درجات الحرارة نتيجة تغير المقاومة (Resistance Thermometers) حيث يستخدم ملف من سلك رفيع يصنع عادة من البلاتين (Platinum) ، كعنصر الحس(Sensing Element).

وأفضل العناصر المستخدمة من الموصلات ، لتصنيع هذه الموازين للاستخدامات الطبية يطلق عليه اسم ثرميستور (thermistor) وذلك لحساسيته العالية جدا للتغير في درجة الحرارة. فهو مقاومه ذو معامل مقاومة حراري كبير سالب أي تقل مقاومته بارتفاع درجة الحرارة (كما سبق شرحه) .وفي الموصلات نجد أن تغير المقاومة ($\Delta R/R$) المقابل لوحدة الزيادة أو النقص في درجة الحرارة أقل بكثير جداً عنه في الثرميستور مما يجعل الأخير متفوقاً في مجال قياس درجات الحرارة في التطبيقات الطبية.

٢,٢,٣ محولات الطاقة الضوئية Light Transducers

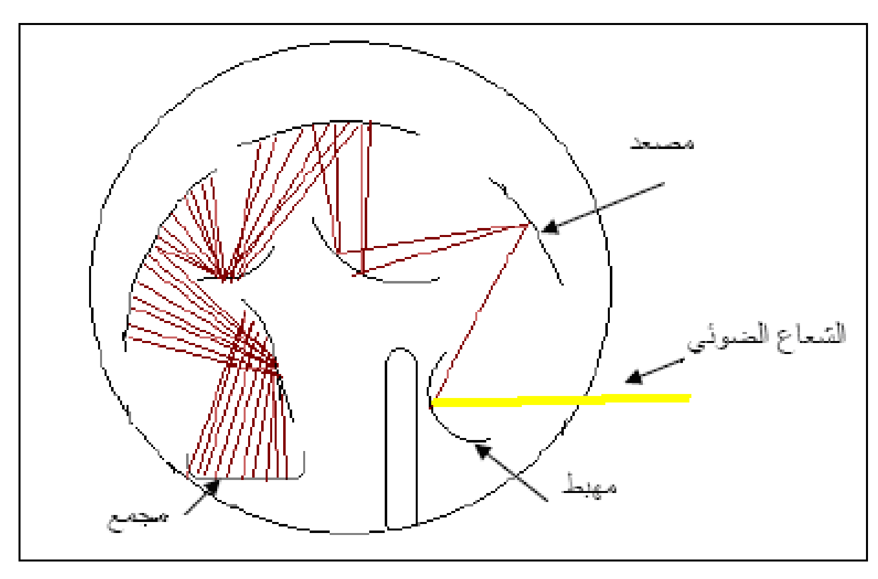
١) المقاومات الضوئية Photoresistor

تتغير مقاومة بعض المواد التي تصنع من شبه الموصلات(Semiconductors) بتغير شدة الإضاءة الساقطة عليها وتعرف هذه المواد بأنها عناصر ذات مُوَصِلية ضوئية (Photoconductive elements) وأفضل عناصر الموصلات الضوئية (Photoconductors) هي سلفات الكادميوم (Cadmium Sulfide) ، وذلك لحساسيتها العالية للضوء المرئي ( ) Visible Light ، ولسهولة إنتاجها.

٢) الخلية الضوئية المضاعفة Photomultiplier Cell

تعتبر الخلية الضوئية المضاعفة الكاشف أو محول الطاقة الضوئية الأكثر استخداما لتميزه بالدرجة العالية من الحساسية.

عند سقوط حزمة من أشعة الضوء على المهبط يتحرر منه إلكترونات (سالب) وتنجذب إلى المصعد (موجب). يتكون نتيجة اصطدام إلكترون واحد بسطح المصعد الأول من ٢ إلى ٥ إلكترونات ثانوية. هذه الإلكترونات الثانوية تنجذب بدورها إلى مصعد آخر مسببة انطلاق إلكترونات أخرى. تتكرر هذه العملية على كل مصعد في خطوات متتالية إلى أن يتم الحصول على سيل من الإلكترونات والتي تصل إلى المجمع Collector. وينتج عن ذلك تيار يمكن تكبيره وقياسه. تتناسب شدة التيار الكهربائي المتولد طرديا مع شدة الضوء الساقطة عليه. يستخدم هذا النوع من المحولات في الأجهزة المخبرية. عمل الخلية الضوئية المضاعفة يوضحه الشكل ٢,١١



شكل (٢,١١) الخلية الضوئية المضاعفة

٢,٢,٤ محولات الطاقة للأمواج فوق الصوتية Ultra Sound Transducers

تستخدم بلورات الكوارتز كمحولات لطاقة الأمواج فوق الصوتية Ultra Sound Transducers المستخدمة في أجهزة الأمواج فوق الصوتية (الأمواج فوق الصوتية هي الأمواج التي ترددها أعلى من ٢٠ KHz . وظيفة محول الطاقة هنا تكمن في إصدار الأمواج الصوتية ذات الترددات فوق الصوتية ورصد الصدى المرتد عن انعكاس تلك الأمواج. وتعتمد فكرة عمل محولات طاقة الأمواج فوق الصوتية على ظاهرة فيزيائية مهمة هي البيزوالكتريك piezoelectric effect والتي تعني ظاهرة الضغط لتوليد الكهرباء والتي اكتشفها العالم بير وكيوري Pierre and Jacques Curie في عام ١٨٨٠. فعند تطبيق تيار كهربائي متناوب على بلورة الكوارتز فإنها تحول الطاقة الكهربائية إلى طاقة صوتية (ميكانيكية) وذلك على صورة اهتزازات سريعة جداً تصدر أمواج صوتية بتردد مساوي لتردد التيار المتناوب المطبق عليها. والعكس يحدث عندما تصطدم أمواج صوتية بتلك البلورة يؤدي ذلك لاهتزازها فيتولد جهد متناوب بتردد يساوي التردد الطبيعي لتلك البلورة. وبهذا يمكن استخدام نفس بلورة الكوارتز لإصدار الأمواج فوق الصوتية واستقبالها. تزويد المجسات الصوتية بمادة تمتص الصوت حتى لا يحدث تشويش بين الصوت الصادر والصوت المنعكس. كذلك يزود المجس بعدسة صوتية acoustic lens لتركيز الأمواج الصوتية الصادرة من المجس.

هناك أنواع مختلفة من محولات الطاقة للأمواج فوق الصوتية، الشكل ٢,١٢ يوضح بعضها.



شكل (٢,١٢) محولات الطاقة فوق الصوتية

أسئلة وتمارين

١. عرف ما يلي:
   أ- الحساسات.
   ب- الأقطاب الحيوية.
   ت- محولات الطاقة الحيوية.

٢. عدد أنواع الأقطاب الحيوية واذكر ميزة كل نوع؟

٣. اذكر أنواع محولات الطاقة؟

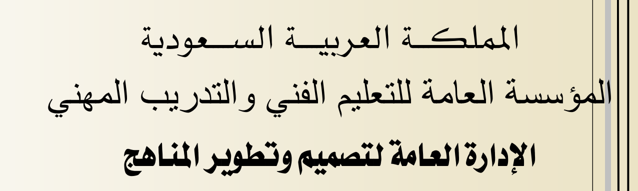
٤. اذكر أهم أنواع محولات الطاقة الميكانيكية؟

٥. اشرح كيفية عمل محول الطاقة التفاضلي؟

٦. ارسم الدائرة الكهربائية لقنطرة هويتستون ، واشرح ماذا يحدث لإشارات الخرج إذا تغيرت قيمة المقاومة المتغيرة؟

٧. اشرح كيفية عمل محول طاقة الأمواج فوق الصوتية؟

٨. وضح مع الرسم عمل الخلية الضوئية المضاعفة؟



الإشارات الطبية الحيوية

إشارة تخطيط القلب

إشارة تخطيط القلب



جميع الحقوق محفوظة للمؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني

الوحدة الثالثة

إشارة تخطيط القلب Electrocardiograph

الجدارة: معرفة المتدرب على إشارة تخطيط القلب وكيفية تكوينها.وطرق تسجيلها وكذلك معرفة معاني مكوناتها وطرق حساب تلك المكونات.

الأهداف:

عندما تكمل هذه الوحدة تكون لديك القدرة على معرفة :

١. الجهاز الناقل لكهرباء القلب
٢. تكون إشارة تخطيط القلب
٣. طرق وضع الأقطاب على الجسم لتسجيل إشارة القلب
٤. مكونات إشارة تخطيط القلب ومعانيها
٥. خواص إشارات تخطيط القلب

مستوى الأداء المطلوب : أن يصل المتدرب إلى إتقان هذه الجدارة بنسبة ٩٥٪.

الوقت المتوقع للتدريب: ٣ ساعات

الوسائل المساعدة :

١- سبوره .
٢- أقلام متعددة الألوان.
٣- عارض بيانات.
٤- حاسب آلي.
٥- عرض محاكاة لأنقباض وأنبساط القلب وتكون إشارة تخطيط القلب.

متطلبات الجدارة:

أجتياز الوحدات السابقة.

مقدمة :

يعمل قلب الإنسان وبقية الفقاريات (عدا الأسماك) بمثابة مضخة مزدوجة Dual Pump. الجزء الأيسر يستلم الدم المؤكسد من الرئتين ويضخه خلال الشرايين إلى أنحاء الجسم المختلفة. الجزء الأيمن يستلم الدم المثقل بثاني أكسيد الكربون من الجسم ويضخه إلى الرئتين لكي يتخلص من هذا الغاز ويتزود بكمية من الأوكسجين.

لقلب الإنسان كما بقية الفقاريات قابلية على النبض الذاتي لذلك تسمى قلوب عضلية المنشأ لأن قابليتها على التقلص تكمن في عضلاتها. تدعى عضلة القلب Myocardium وتتكون من خلايا عضلية لها المقدرة على استقبال الإشارات الكهربائية والتأثر بها . وعندما توجد إشارة كهربائية على الخلية العضلية فإن الخلية تنقبض ثم تنقل الإشارة إلى الخلية المجاورة بشكل سريع وهكذا مع باقي الخلايا. يتألف قلب الإنسان من أربعة تجاويف هي:

الأذينان Atria ومفردها Atrium وهما أذين أيمن و أذين أيسر.

البطينان Ventricles وهما أيضا بطين أيمن وبطين أيسر.

يقوم الأذينان بالتقلص والانبساط سوية كما يقوم البطينان بالتقلص والانبساط في وقت واحد ولكن بالتعاقب مع الأذينين. فلا بد من أن يعمل القلب بصورة طبيعية كمضخة تنبسط وتنقبض تجاويفه الأربع بانتظام تام لأن أي إرباك في عملها يعرقل الدورة الدموية وينتج عنها مضاعفات صحية خطيرة.

٣,١ الجهاز الناقل لكهربائية القلب Electroconduction System of the heart

يتكون الجهاز الناقل لكهربائية القلب (انظر شكل ٣,١) من:

١) العقدة الكيسية الأذينية Sinoatrial node ويرمز لها SA node.

وهي كتلة من الأنسجة تقع في الأذين الأيمن. تعتبر هذه العقدة هي منظم الخطى Pacemaker في القلب ويطلق عليها أيضا اسم منظم ضربات القلب الداخلي Internal pacemaker. تتكون العقدة الكيسية الأذينية SA من ألياف عضلية متحورة أي لها القابلية على زوال الاستقطاب في أغشيتها بصورة ذاتية رتيبة. ويدعى زوال الاستقطاب هذا بجهد المنظم Pacemaker potential.

٢) العقدة الأذينية البطينية Atrioventricular node ويرمز لها AV node.
وهي كتلة من الأنسجة المتحورة الواقعة في أعلى البطين الأيمن.

٣) حزمة هيس Bundle of His
وهي حزمة من الألياف العضلية المتحورة تمتد من العقدة AV إلى الجدار الفاصل بين البطينين وتتفرع حزمة هيس Bundle of His إلى ثلاثة فروع رئيسة هي:

أ- الفرع البطيني الأيمن Right ventricle branch.
ب- الفرع البطيني الأيسر Left ventricle branch.
ت- الفرع العلوي Superior branch.

٤) ألياف بركنجي Purkinje fibers.
عدد كبير من الألياف ناتجة عن تشعب كل فرع من فروع حزمة هيس وتمتد هذه الألياف في جدران البطينين.

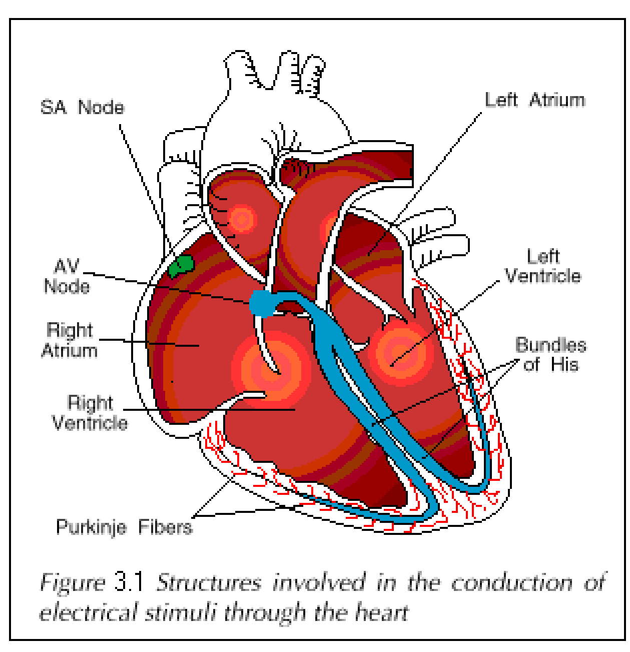


Figure 3.1 Structures involved in the conduction of electrical stimuli through the heart

شكل ٣،١ مكونات الجهاز الناقل لكهربائية القلب

٣،٢ منشأ وانتقال نبضات القلب

يبدأ نبض القلب من العقدة الكيسية الأذينية SA node كونها المنظم Pacemaker لضربات القلب وذلك بتوليدها إشارة القدح Trigger Signal. تسبب إشارة القدح انتشار تيار كهربائي عبر الأذينين مما يجعلهما ينقبضان وبانقباضهما ينتقل الدم عبر الصمامات إلى البطينين.

سرعة انتقال الجهد الحيوي عبر أنسجة الأذينين 30 سم/ثانية. بينما تنتقل إشارة القدح من العقدة SA إلى العقدة AV بسرعة 45 سم/ثانية وذلك من خلال أنسجة موصلة خاصة تصل بينهما.

لا يمكن للبطينين الانقباض قبل أن يتم إفراغ الأذينين من محتواهما. ولكي لا يحصل هذا لا بد من تأخير وصول إشارة القدح إلى البطينين.

تصل إشارة القدح إلى عقدة AV بسرعة 45 سم/ثانية في زمن يتراوح ٣٠ إلى ٥٠ ملي ثانية. ولا يتم إرسال تلك الإشارة من العقدة AV إلا بعد مرور زمن يقدر ب ١١٠ ملي ثانية. وبهذا تعمل عقدة AV كأداة تأخير لوصول إشارة القدح إلى حزمة هيس Bundle of His.

تنتقل هذه الإشارة من حزمة هيس إلى خلايا عضلات البطينين عبر ألياف بركنجي Purkinje fibers بسرعة ٢٠٠ إلى ٤٠٠ سم/ثانية. ويستغرق زمن وصول هذه الإشارة إلى أبعد نقطة من ألياف بركنجي ٦٠ ملي ثانية. تعمل هذه الإشارات على تحفيز خلايا عضلات البطينين للانقباض وإفراغ محتواهما من الدم.

الجهد الحيوي المتولد من عقدة SA يحفز عضلة القلب Myocardium مما يجعلها تنقبض. انقباض عدد كبير من خلايا عضلة القلب في آن واحد يولد جهد كمية من الجهد الحيوي. هذا الجهد الحيوي يولد بدوره كمية من التيار الكهربائي الذي ينتشر من القلب عبر الجسم.

التيار الكهربائي المنتشر من القلب يكون فرق جهد بين مواضع مختلفة على الجسم. يمكن قياس وتسجيل هذا الجهد كإشارة زمنية من خلال وضع أقطاب حيوية على سطح الجلد، وهو ما يسمى بالتسجيل القلبي الكهربائي أو إشارة تخطيط القلب Electrocardiogram (ECG).

٣,٣ تسجيل إشارة تخطيط القلب Electrocardiogram (ECG).

٣,٣,١ الأقطاب وتوصيلاتها

بالإمكان تسجيل موجة التغيير الكهربائي في العضلات القلبية وذلك بوضع الأقطاب الحيوية على سطح الجسم. للتسجيل المعياري لإشارة القلب نحتاج إلى عدد من الأقطاب مثبتة على أماكن مختلفة لجسم المريض حسب التوصيل المطلوب وهي:

١. الذراع الأيمن Right Arm (RA)
٢. الذراع الأيسر Left Arm (LA)

٣. القدم اليمنى Right Leg (RL)
٤. القدم اليسرى Left Leg (LL)
٥. الصدر (٨ أقطاب) Chest (C)

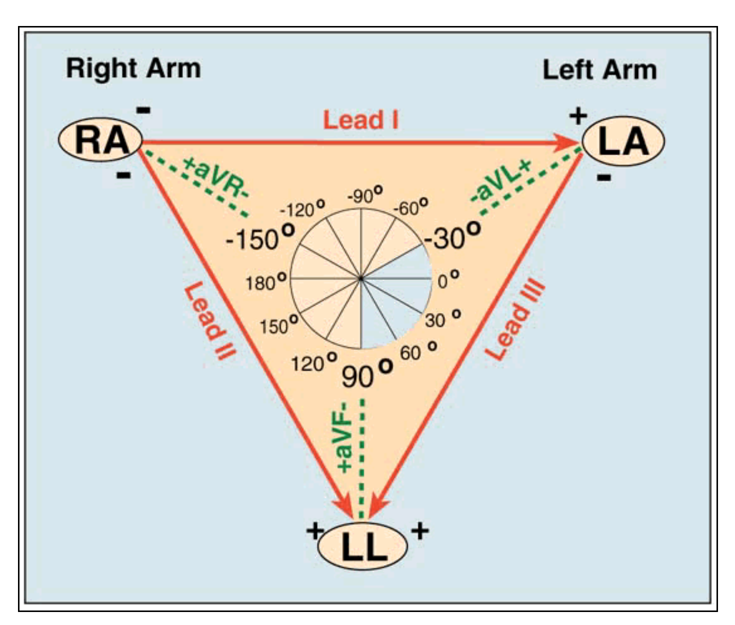
توصل هذه الأقطاب لمدخل مكبر عمليات فرقي من خلال منتقي التوصيلات Lead Selector.
لتلافي الخطأ في توصيل الأقطاب فقد تم الاتفاق على ألوان تميز الأسلاك التي توصل مع كل قطب من الأقطاب وهي:

RA : أبيض .
LA : أسود .
LL : أحمر .
RL : أخضر .
V1-V6 : بني .

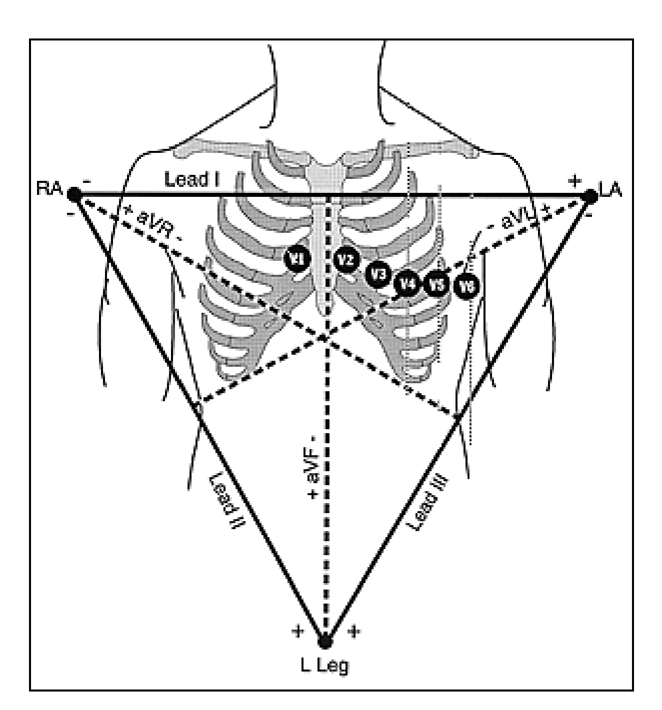
توصيلات الأقطاب Leads

نحصل على إشارات تخطيط القلب ECG من خلال زوجين مختلفين من الأقطاب يكون لها شكل موجة وارتفاع مختلفة وذلك حسب طريقة التوصيل (Lead) المختارة .
كل طريقة توصيل تنقل إشارة حيوية تحمل معلومات خاصة unique information لا تتوفر في غيرها من التوصيلات ومن خلال هذه المعلومات يستطيع الطبيب تشخيص حالة القلب.
تستخدم القدم اليمنى Right Leg (RL) **كقطب مشترك في جميع التوصيلات ويعمل منتقي التوصيلات** Lead Selector **على وصل الأقطاب المناسبة لمدخلي مكبر العمليات الفرقي**.

شكل (٣،٢) يمثل المحور الكهربائي للقلب والتي يتم فحصها بواسطة ستة من التوصيلات المعيارية Standard Leads وهي: I, II, III, AVF, AVR, AVL, وهناك ستة توصيلات معيارية أخرى تتوزع على صدر المريض وهي: V1, V2, V3, V4, V5, V6 وتدعى بتوصيلات V (V_Leads).
توزيع الأقطاب على هذه التوصيلات موضح على الشكل (٣،٣).
هذه الأنواع تمثل مجموع الأقطاب البالغة اثنا عشر قطباً كهربائياً التي من خلالها يتمكن الطبيب من التعرف بشكل دقيق على نشاط القلب والتعرف على الضربات غير المنتظمة في حالة أي مرض يتعرض له القلب.



شكل (٣,٢) المحور الكهربائي للقلب والتوصيلات الطرفية: I, II, III, AVF, AVR, AVL,



شكل (٣,٣) المحور الكهربائي للقلب والتوصيلات الصدرية: V1, V2, V3, V4, V5, V6

تقسم توصيلات الأقطاب إلى ثلاثة أنواع هي:

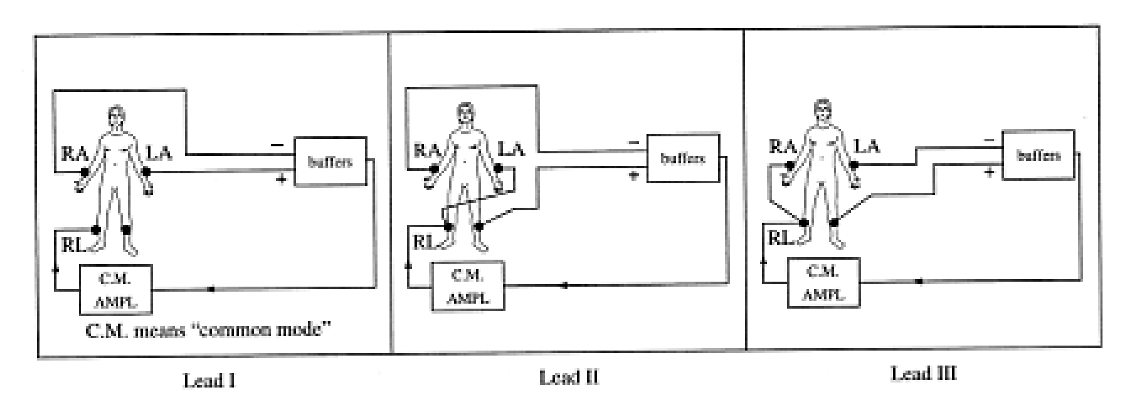
١) التوصيلات الطرفية ثنائية القطب Biopolar Limb Lead

ويرمز لها Lead I , Lead II , Lead III (انظر شكل ٣،٤) وهذا النوع يمثل أشهر المواضع للأقطاب على الجسم ويسمى بمثلث أينثوفن Einthoven Triangle

التوصيل الأول (Lead I) : يتم وصل الذراع الأيسر LA إلى الطرف غير العاكس (الموجب) لمدخل المكبر و الذراع الأيمن RA توصل بالطرف العاكس (السالب).

التوصيل الثاني (Lead II) : يتم وصل القدم اليسرى LL إلى الطرف غير العاكس لمدخل المكبر بينما توصل الذراع الأيمن RA بالطرف العاكس ويتم قصر (توصيل) LA مع RA.

التوصيل الثالث (Lead III) : يتم وصل القدم اليسرى LL إلى الطرف غير العاكس لمدخل المكبر و الذراع الأيمن LA توصل بالطرف العاكس ويتم قصر (توصيل) RL مع RA.



شكل ٣،٤ التوصيلات الطرفية ثنائية القطب Biopolar Limb Lead

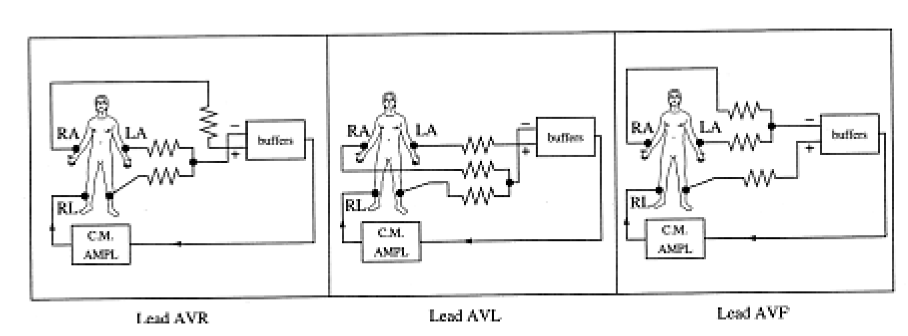
٢) التوصيلات الطرفية أحادية القطب Unipolar Limb Lead

يتميز هذا النوع من التوصيلات بفحصه للمركبة الجهد الحيوي من الثلاثة أطراف في آن واحد. تجمع الإشارة من طرفين بواسطة من خلال شبكة مقاومات ويتم وصل المجموع مع المدخل العاكس للمكبر بينما إشارة القطب المتبقي الثالث فتوصل مع المدخل غير العاكس للمكبر(انظر شكل ٣،٥).

التوصيل AVR (Lead AVR): الذراع الأيمن RA توصل مع المدخل الغير عاكس بينما الذراع الأيسر LA والقدم اليسرى LL فيجمعان ويوصلان مع المدخل العاكس.

التوصيل AVL (Lead AVL): الذراع الأيسر LA توصل مع المدخل غير العاكس بينما الذراع الأيمن RA والقدم اليسرى LL فيجمعان ويوصلان مع المدخل العاكس.

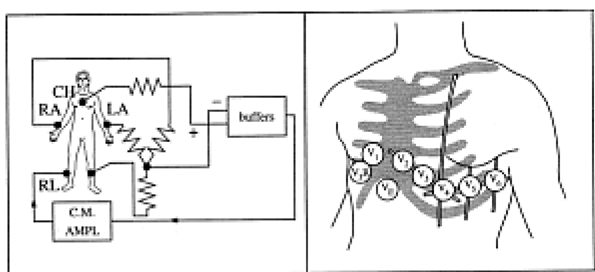
التوصيل AVF (Lead AVF): القدم اليسرى LL توصل مع المدخل غير العاكس بينما الذراع الأيمن RA و الذراع الأيسر LA فيجمعان ويوصلان مع المدخل العاكس.



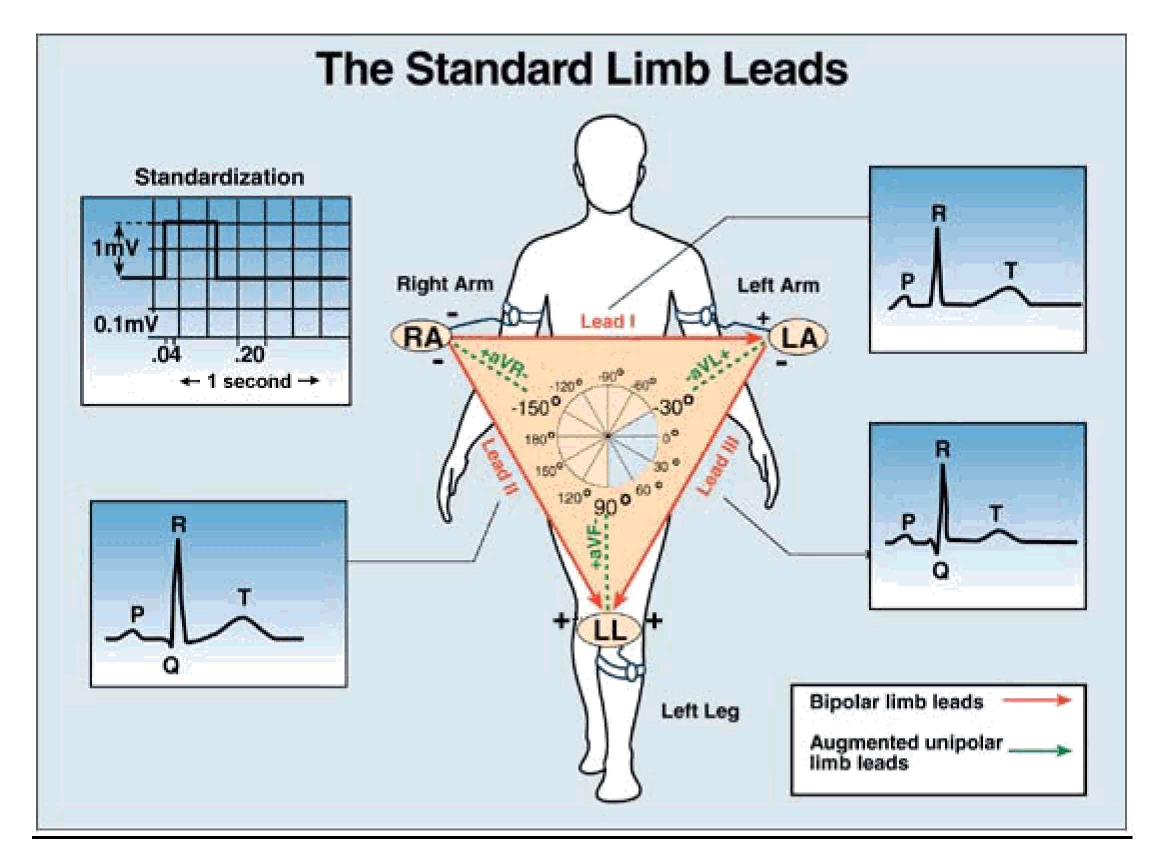
شكل ٣,٥ التوصيلات الطرفية أحادية القطب Unipolar Limb Lead

٣) التوصيلات الصدرية أحادية القطب Unipolar Limb Lead

هذا النوع الثالث من توصيلات الأقطاب والتي يرمز لها V Leads (V1 - V6) وهي عبارة عن ست مواضع موزعة على القفص الصدري يوصل إحداها للمدخل غير العاكس للمكبر بينما تجمع أقطاب الأطراف الثلاثة (RA, LA, LL) بواسطة شبكة مقاومات ولسون Wilson resistor network ويوصل المجموع بالمدخل العاكس للمكبر(انظر شكل ٣,٦) .



شكل ٣,٦ التوصيلات الصدرية أحادية القطب Unipolar Limb Lead



شكل ٣،٧ موجات تخطيط القلب لبعض للتوصيلات الطرفية ثنائية القطب

٣،٣،٢ مكونات و معاني موجات تخطيط القلب :

يعمل القلب أثناء النبض كمولد كهربائي ، ففي حالة الاستقطاب تتكون شحنة موجبة على السطح الخارجي لعضلة القلب . و عند زوال الاستقطاب تصبح الشحنة سالبة . ولهذا فإن التخطيط الكهربائي ECG يسجل التغيرات الكهربائية في القلب أثناء مراحل الدورة القلبية ابتداء من العقدة الجيبية – الأذينية مرورا بالأذينين فالبطينين.

ويتألف التخطيط الطبيعي والمثالي كما هو موضح في الشكل (٣،٨) من ٣ موجات رئيسة وهي الموجات P. R. T. وبينهما المركب QRS والمسافةP-R، والقطعة S-T والقطعة Q-T وأحيانا الموجة U ولكل منها تفسيرا لحدوثه:

١- الموجة P : هي أول موجة موجبة في المخطط ، وتمثل إثارة الأذينين وزوال الاستقطاب فيهما ، وتبدأ قبل الانقباض الأذيني . وهي موجبة في جميع الأقطاب ما عدا في القطب aVR فهي سالبة، وارتفاعها أقل من ٣ ملم (٠،٣ ملي فولت) ومدتها ٠،١١ ثانية.

٢- المسافة P-R : وتقاس من بداية الموجة P إلى بداية المركب QRS وهي تقيس الزمن الذي تستغرقه

الموجة للوصول من العقدة الكيسية – الأذينية إلى الألياف البطينية ، ومدتها ٠,١٢ - ٠,٢٠ ثانية.

٣- المركب QRS : وهو يمثل إثارة البطينين وزوال الاستقطاب فيهما وتتراوح مدته ما بين ٠,٠٤ - ٠,٠٨ ثانية.

- موجة Q :موجة سالب مدتها من ٠,٠١ – ٠,٠٢ ثانية .
- موجة R : موجة موجبة في المركب سواء سبقتها الموجبة Q أم لا .
- موجة S : الموجة السالبة التالية للموجبة R .

٤- القطعة S-T : وتأتي مباشرة بعد QRS ، وتقاس من نهاية S إلى بداية T وهي على الخط الأفقي على مستوى T-P . وتبدأ بالتحدب التدريجي . فإذا وقعت أعلى أو أسفل الخط الأفقي فيعني ذلك نقص تروية عضلة القلب Ischaemia .

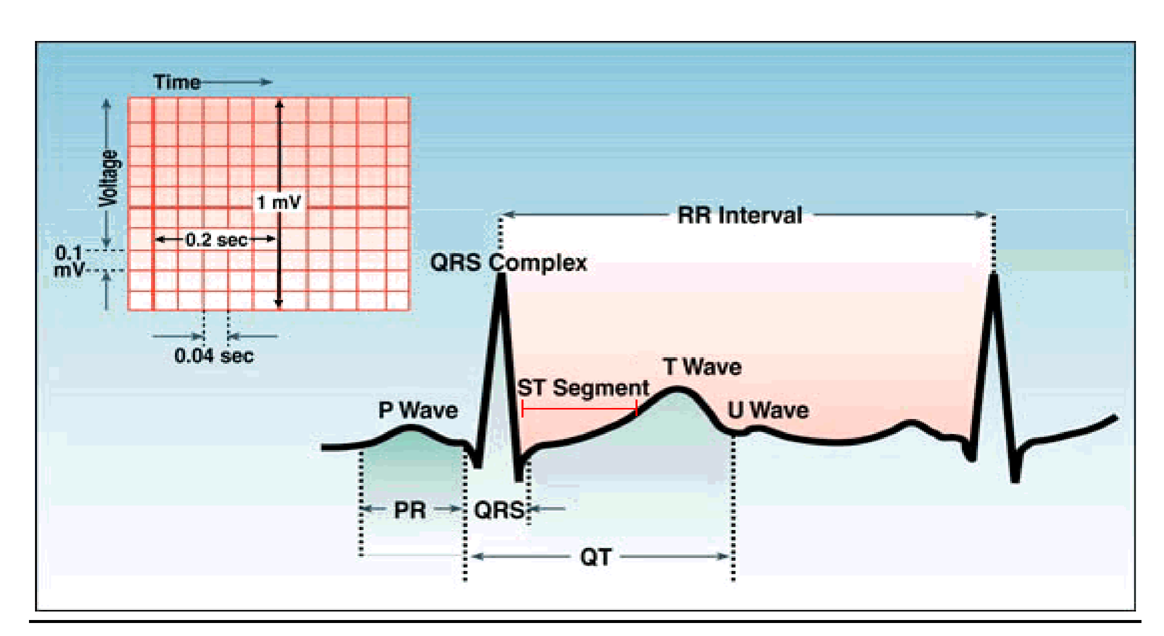
٥- الموجة T :تمثل عودة الاستقطاب:

- وهي موجبة في I, II, V3, V4, V5, V6
- وهي سالبة في aVR .
- وهي مختلطة في الأقطاب aVR, aVF,V1, V2, III .
- وهي دائرية وغير متناظرة فإذا كانت مدببة أو مقعرة فذلك دليل مرضي.
- يبلغ ارتفاعها من ٥ إلى ١٠ ملم (٠,٥ إلى ١ ملي فولت) في أي قطب قلبي، فإذا زادت عن ذلك فهذا يعني إحتشاء عضلة القلب.

"احتشاء عضلة القلب Myocardial infarction هو حدوث موت سريع لجزء من عضلة القلب بسبب قلة الأكسوجين الذي يصل عضلة القلب. هذا عادة ما يحدث بعد تكون جلطه في أحد الشرايين التاجية الذي ينتج عنه نقص حاد في كمية الدم الذي يصل لعضلة القلب."

٦- Q-T : وتقاس من بداية المركب QRS إلى نهاية الموجة T ، وتمثل مدة انقباض البطين وتختلف حسب معدل نبضات القلب والجنس والعمر.

٧- الموجة U : موجة صغيرة تظهر أحيانا وتأتي بعد الموجة T وباتجاهها ، فإذا انقلبت عكسها فدليل إحتشاء عضلة القلب.



شكل ٣.٨ الشكل المثالي لموجة تخطيط القلب ECG

٣,٤ خصائص إشارات تخطيط القلب ECG

تمتاز إشارة تخطيط القلب ECG بأنها أشارات ضعيفة الارتفاع فلا يتجاوز ارتفاعها في اغلب التسجيلات عن ٣ mV وكما تمتاز هذه الإشارات بترددات منخفضة فمدى ترددها يتراوح بين 0.01 و 200 Hz). وان كان معظم قوة الإشارة متركزة في الترددات الأقل من ٤٥ Hz.

ضعف إشارة ECG يجعلها عرضة للتشويش من مصادر مختلفة.

هناك أربعة مصادر رئيسة للتشويش عند إجراء تسجيل إشارة القلب ECG وهي:

١) حركة العضلات وتصدر تشويش بترددات مرتفعة تتقاطع مع تردد إشارة القلب ECG ولكي نقلل من تأثير هذا النوع من التشويش يجب أن يكون المريض في وضع استرخاء تام.

٢) تنفس المريض: حركة صدر المريض أثناء التنفس تغير موضع الأقطاب بالنسبة لموضع القلب ينتج عن ذلك إضافة جهد لإشارة القلب تسمى بالتداخلات التنفسية وهي ذات تردد منخفض يقل عن ٢ Hzوللتخلص من هذا النوع من التداخلات، يطلب من المريض قطع التنفس لعدة ثواني في كل مرة يجري فيها التخطيط.

٣) حركة الأقطاب: عدم تثبيت الأقطاب بشكل جيد أو جفاف الجل الموصل يولد تشويش بترددات منخفض.

٤) التشويش الناتج من شبكة الكهرباء والأجهزة القريبة كالمصاعد وتردد هذا النوع هو تردد الشبكة الذي هو في المملكة (60 Hz).

أسئلة وتمارين

١. اذكر مكونات الجهاز الناقل لكهربائية القلب؟
٢. اشرح مع الرسم كيفية التوصيلات الطرفية أحادية القطب؟
٣. اشرح مع الرسم كيفية التوصيلات الطرفية أحادية القطب؟
٤. اشرح كيفية نشوء وانتقال نبضات القلب؟
٥. ارسم موجة كاملة لإشارة تخطيط القلب ECG مبينا جميع مكوناتها؟
٦. وضح معاني مكونات موجات تخطيط القلب ECG؟



المملكـــة العربيـــة الســـعودية
المؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني
الإدارة العامة لتصميم وتطوير المناهج

الإشارات الطبية الحيوية

إشارة تخطيط الدماغ

إشارة تخطيط الدماغ

٤

جميع الحقوق محفوظة للمؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني

الوحدة الرابعة

إشارة تخطيط الدماغ Electroencephalograph

الجدارة: معرفة المتدرب على إشارة تخطيط الدماغ وكيفية تكوينها. وكيفية إنتشارها وطرق تسجيلها وكذلك التعرف على مكوناتها وكيفية تشخيصها.

الأهداف:

عندما تكمل هذه الوحدة تكون لديك القدرة على معرفة :

١. الإيعاز العصبي وتكونه
٢. تكون إشارة تخطيط الدماغ
٣. أنواع الأقطاب لتسجيل إشارة الدماغ
٤. طرق وضع الأقطاب على الرأس لتسجيل إشارة الدماغ
٥. مكونات إشارة تخطيط الدماغ ومعانيها
٦. خواص إشارات تخطيط الدماغ

مستوى الأداء المطلوب :أن يصل المتدرب على إتقان هذه الجدارة بنسبة ٩٠٪

الوقت المتوقع للتدريب: ٣ ساعات

الوسائل المساعدة :

١- سبوره .
٢- أقلام متعددة الألوان
٣- عارض بيانات
٤- حاسب آلي

متطلبات الجدارة:

أجتياز جميع الوحدات السابقة.

مقدمة:

الجهاز العصبي هو الجهاز الأكثر تعقيد في الأجهزة المكونة لجسم الإنسان. ففي حين أن الغدد تمثل جهاز التحكم الكيميائي لجسم الإنسان فإن جهاز التحكم الكهربائي هو الجهاز العصبي. فمثلا تشكل الأعصاب والعضلات والهيكل العظمي الجهاز الحركي للإنسان و تقع العضلات الهيكلية Skeletal muscle تحت التأثير العصبي ولا تتقلص بدون الأعصاب.

يتألف العصب Nerve الواحد من حزمة من الألياف العصبية Nerve fibers تعد بالمئات. كل ليف عصبي هو محور Axon لخلية عصبية Neuron. يقع جسم الخلية Cell body داخل الجهاز العصبي المركزي Central Nervous System (CNS)

تؤدي الألياف العصبية عملها في السيطرة على العضلات و الغدد بواسطة الإيعازات (السيالات) العصبية Nerve impulses. الإيعازات العصبية عبارة عن موجة من التغيرات الكهربائية والفيزيائية.

٤,١ تولد الإيعاز العصبي Production of nerve impulse

يتولد الإيعاز العصبي نتيجة تغير درجة الاستقطاب polarization لغشاء الليف العصبي وهذا يعني تغير فرق الجهد الكهربائي Electrical potential على جانبي الغشاء.

يحمل الغشاء البلازمي للخلايا العصبية فرقا في الجهد الكهربائي على جانبيه يسمى جهد الراحة Resting potential. يتراوح مقدار فرق الجهد الكهربائي ما بين ٢٠- ١٠٠ ملي فولت حيث إن السطح الداخلي للغشاء يعد سالبا بالنسبة للسطح الخارجي الموجب.

العوامل التي تؤدي إلى تكون جهد الراحة:

١) الاختلاف في درجة نضوجية (نفاذية) غشاء الخلية الحية لبعض الأيونات فهو شديد النضوجية لأيونات البوتاسيوم (K^+) وقليل النضوجية لأيونات الصوديوم (Na^+) و أيونات الكلور(Cl^-).

٢) اختلاف تركيز أيونات البوتاسيوم في داخل الخلية خارجها حيث إن تركيزها في الداخل أكثر من تركيزها في الخارج بحوالي عشرة أضعاف.

٣) وجود أيونات سالبة عضوية داخل الخلية ذات حجم كبير لا تستطيع النفاذ خلال غشاء الخلية مثل البروتينات المتأنية و الأحماض العضوية.

٤,١,١ جهد الراحة وجهد الفعل Resetting and Action Potential

تحت تأثير العوامل السابقة تخرج كميات قليلة من أيونات البوتاسيوم من الخلية و تتراكم على السطح الخارجي للغشاء باستمرار بذلك تجعل السحنة الكهربائية لهذا السطح موجبة بينما يصبح السطح الداخلي ذو شحنة سالب.

- يسمى الحد الأدنى لقوة الحافز الضروري لإحداث إيعاز عصبي يسري في الليف بجهد العتبة Threshold potential .
- عند تحفيز الليف العصبي تتغير نضوجية غشائه لأسباب غير معروفة فيصبح شديد النضوجية لأيونات الصوديوم وقليل النضوجية لأيونات البوتاسيوم نتيجة ذلك :-
- تدخل أيونات الصوديوم الموجودة بتركيز إلى من خارج الليف العصبي إلى داخله وهذا يؤدي إلى انخفاض فرق الجهد الكهربائي على جانبي الغشاء وتسمى هذه العملية زوال الاستقطاب Depolarization .

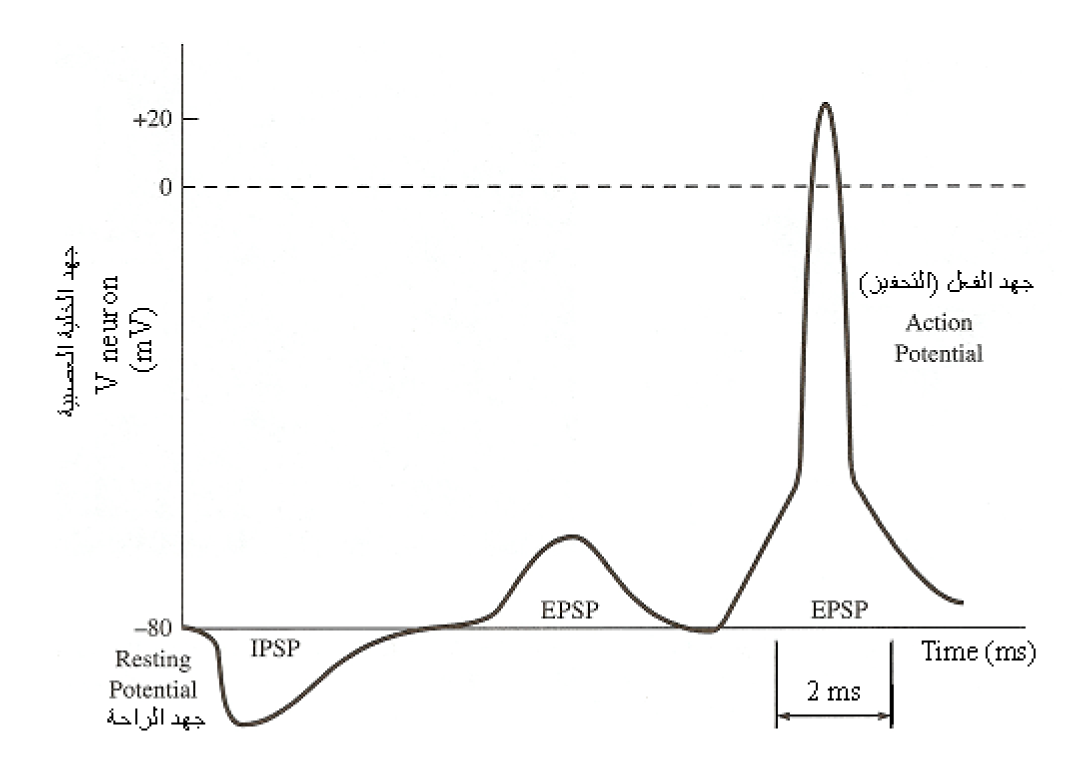
تستمر عملية زوال الاستقطاب إلى أن يتساوى الجهد الكهربائي على جانبي الغشاء ويصبح فرق الجهد صفرا. ولا تتوقف العملية عند هذا الحد بل تستمر حتى يصبح السطح الخارجي سالبا بالنسبة للسطح الداخلي الذي يصبح موجبا ، أي ينقلب فرق الجهد الكهربائي. تدعى عملية انقلاب الجهد على جانبي الغشاء بجهد الفعل Action Potential.

إن التغير في نضوجية غشاء الليف العصبي الذي يسبق الإيعاز العصبي لا يتجاوز في منطقة الغشاء أكثر من بضعة أجزاء من الثانية بعدها يعود الغشاء إلى خواصه النضوجية السابقة أي يصبح:-

- أكثر نضوجية لأيونات البوتاسيوم.
- أقل نضوجية لأيونات الصوديوم.

تؤدي النضوجية العالية لأيونات البوتاسيوم إلى خروج كميات منها وتراكمها على السطح الخارجي لغشاء الليف فيصبح موجبا بينما بعود السطح الداخلي من جديد سالبا وتدعى هذه العملية بإعادة الاستقطاب Repolarization.

يمكن قياس وتسجيل التغيرات الكهربائية المرافقة للإيعاز العصبي بواسطة جهاز راسم الإشارات و الشكل ٤,١ يمثل الدورة الكاملة لجهد الخلية العصبية.



شكل ٤,١ الجهد الحيوي للخلية العصبية

حيث إن (EPSP) Excitatory Postsynaptic Potential : تعني إزالة استقطاب مؤقت لجهد غشاء الليف العصبي سببها تدفق الأيونات ذات الشحنات الموجبة إلى داخل خلية الليف العصبي.

(IPSP) Inhibitory postsynaptic potentials: الجهد الناتج عن تدفق الأيونات السالبة إلى داخل خلية التشابك العصبي.

جهد الفعل Action Potential عندما يحدث عدد متتالي من EPSP لرقعة واحدة من الليف العصبي يكون تأثيرها التراكمي هو مجموع الجهود لكل واحدة على حده وعندما يتخطى ذلك المجموع جهد العتبة يحصل ما يسمى جهد الفعل.

٤,٢ مكونات الجهاز العصبي

يتكون الجهاز العصبي من جزأين رئيسيين هما :

١. الجهاز العصبي المركزي Central Nervous System (CNS)
٢. الجهاز العصبي الطرفي Peripheral Nervous System

يتألف الجهاز العصبي المركزي من الدماغ والنخاع الشوكي وتحيط به ثلاث طبقات من الأنسجة تسمى

السحايا. يقوم هذا الجهاز بالتنسيق والتنظيم فهو مركز التحكم بالجهاز العصبي، إذ أن إحساسات الجسم جميعها من المستقبلات يجب أن تنتقل إلى الجهاز العصبي المركزي CNS ليتم تفسيرها.

يعتبر الدماغ أهم أجزاء الجهاز العصبي ويحصل على ٢٥٪ من كمية الأكسجين الداخله للجسم، ويصل اليه ٢٠٪ من الدم الوارد من القلب. يكون الدماغ الجزء الأكبر من الجهاز العصبي المركزي ويشغل حيزا كبيرا في الجمجمة يسمى صندوق الدماغ Cranium. يتألف الدماغ من ثلاثة أجزاء رئيسة هي:

الدماغ الأمامي Fore-brain

الدماغ المتوسط Mid-brain

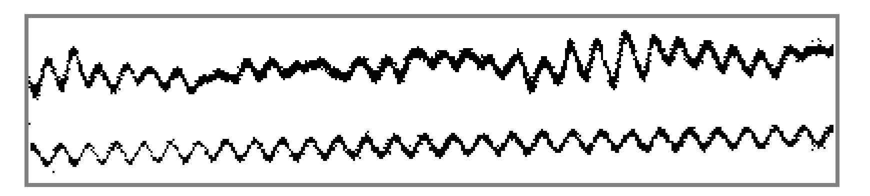
الدماغ الخلفي Hind-brain

٤,٣ تخطيط الدماغ Electroencephalograph (EEG)

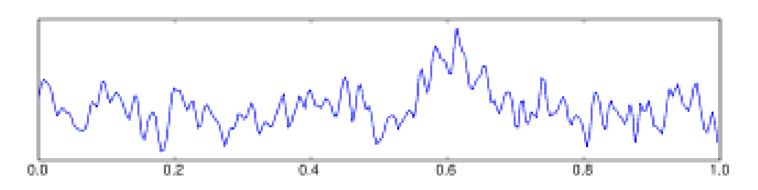
إن عملية تسجيل التغيرات الكهربائية (الجهود الحيوية) والتي تتولد من خلال النشاط العصبي للدماغ تدعى إشارة تخطيط الدماغ Electroencephalograph وتختصر ب (EEG) وهي اختصار للكلمات الثلاث التالية: التخطيط (graph) الكهربائي(electro) للدماغ (encephalon).

إن تخطيط الدماغ يمكن توضيحه بالانتشار المتناغم للجهود التي تنتج من التفريغ المتعاقب للخلايا العصبية. تعتبر إشارة تخطيط الدماغ EEG من الإشارات الحيوية المعقدة فليس لها نموذج معين ومتكرر كإشارة تخطيط القلب.

أول من قام بتسجيل إشارات الدماغ EEG كان هانس بيرغر عام ١٩٢٤ وحصل على الإشارة كما في الشكل ٤,٢. الشكل ٤,٣ يمثل تسجيلا حديثا لمدة ثانية واحدة لإشارة EEG.



شكل ٤,٢ أول تسجيل لإشارة الدماغ EEG



شكل ٤,٣ إشارة EEG مدتها ثانية واحدة

تمتاز إشارات تخطيط الدماغ EEG بأنها إشارات ضعيفة، أي ذات ارتفاع موجة قليل جدا وبمجال تردد منخفض. يختلف ارتفاع إشارة EEG وترددها باختلاف موضع القياس:

- على سطح الجمجمة cranial surface يتراوح ما بين 1 إلى ١٠٠ μV وبمجال تردد يتراوح من ٠,٥ إلى ١٠٠ Hz (هيرتز).
- على سطح المخ cerebrum surface يتراوح ما بين 10 إلى ١٠٠٠ μV وبنفس مجال التردد السابق.
- إشارة عنق الدماغ ملتقطة من سطح الجمجمة لا تتجاوز ٠,٢٥ μV ولكن بمجال تردد مرتفع يتراوح من ١٠٠ إلى ٣٠٠٠ Hz (هيرتز).

ضعف إشارة الدماغ يوجب استخدام مكبر عمليات فرقي ذو تكبير عالي يصل إلى ١٠٠٠٠ مرة.

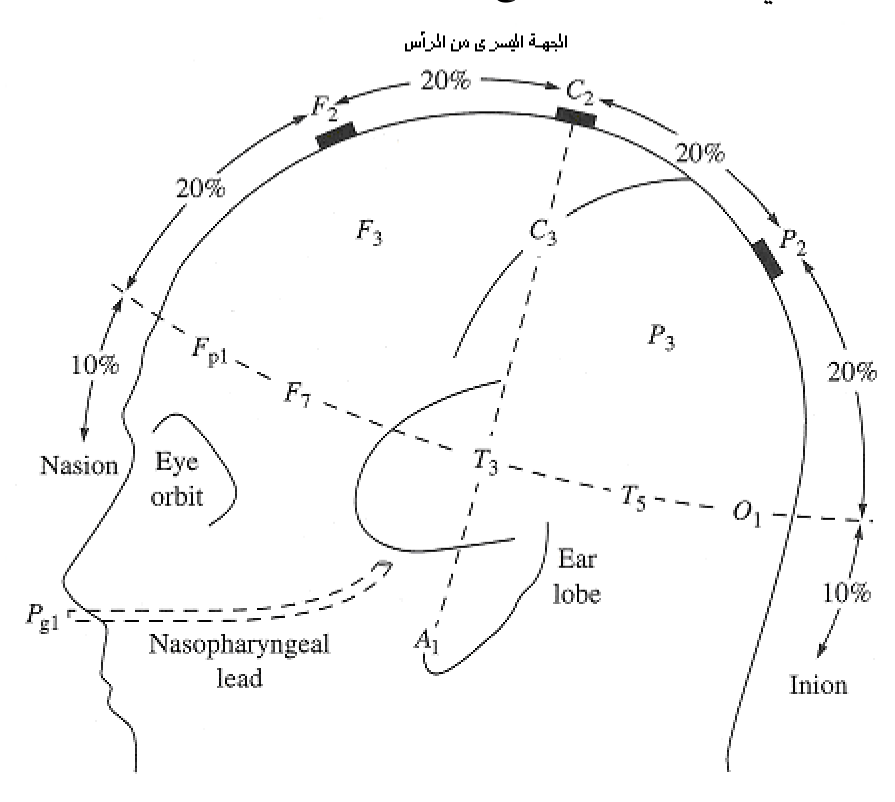
٤,٣,١ أقطاب EEG الحيوية

يتم الحصول على إشارة تخطيط الدماغ وذلك بوضع أقطاب حيوية على فروة الرأس كما في الشكل ٤,٤ و ٤,٥ أو على سطح الدماغ مباشرة وذلك حسب نوع التخطيط الذي يطلبه الطبيب.

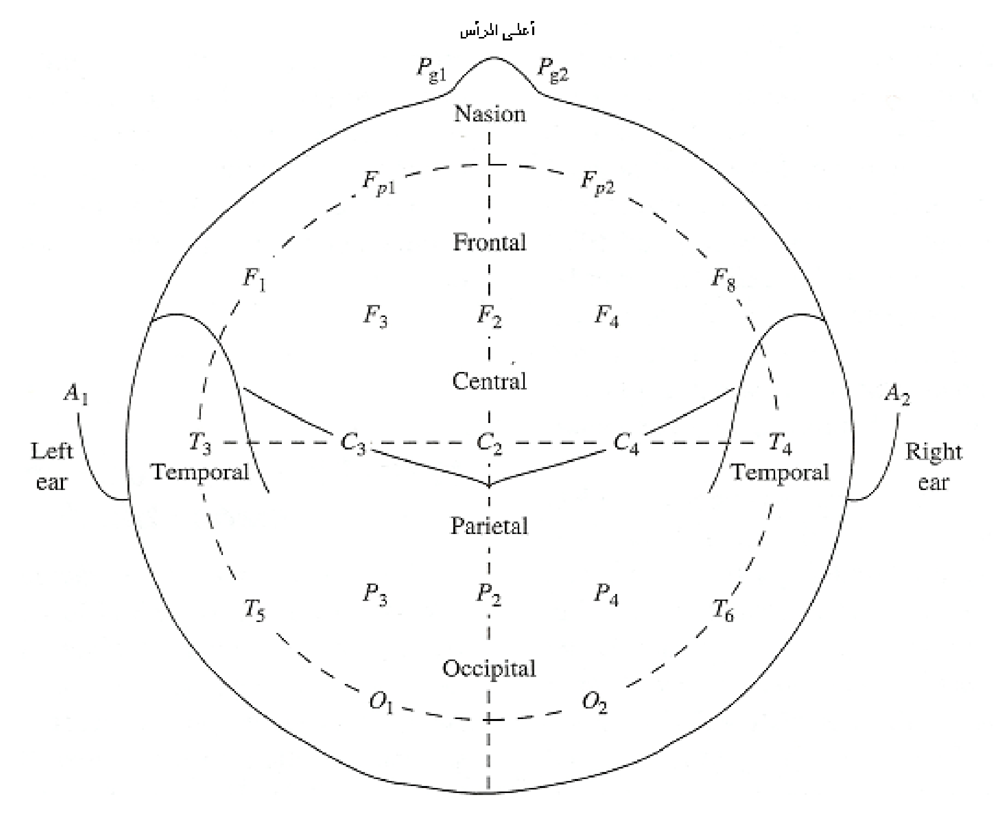
تعمل أقطاب EEG الحيوية على تحويل تيار الأيونات الناتج عن خلايا الدماغ إلى تيار كهربائي يمكن تسجيله وقياسه.

يستخدم لتسجيل إشارات الدماغ أقطاب قرصية الشكل مصنوعة من معدن الفضة المغطاة بطبقة من كلوريد الفضة (Ag_AgCl). وتغمر الأقطاب في محلول كلوريد الصوديوم قبل إجراء الفحص لكي يتم تثبيته على الجلد. هناك نوع آخر من المجسمات يسمى تحت الجلدي (sub-cutaneous) وهو على شكل إبر يستخدم للمرضى فاقدي الوعي والنوع الثالث من المجسمات هو أيضا إبري الشكل ويغرس داخل الدماغ (Intra cerebral electrodes) وباستخدام تلك الأنواع من المجسات أصبح من

ممكن تسجيل التغيرات التي تحدثها حالة الصرع وبالأخص الناتجة عن إصابات تستدعي معالجة جراحية

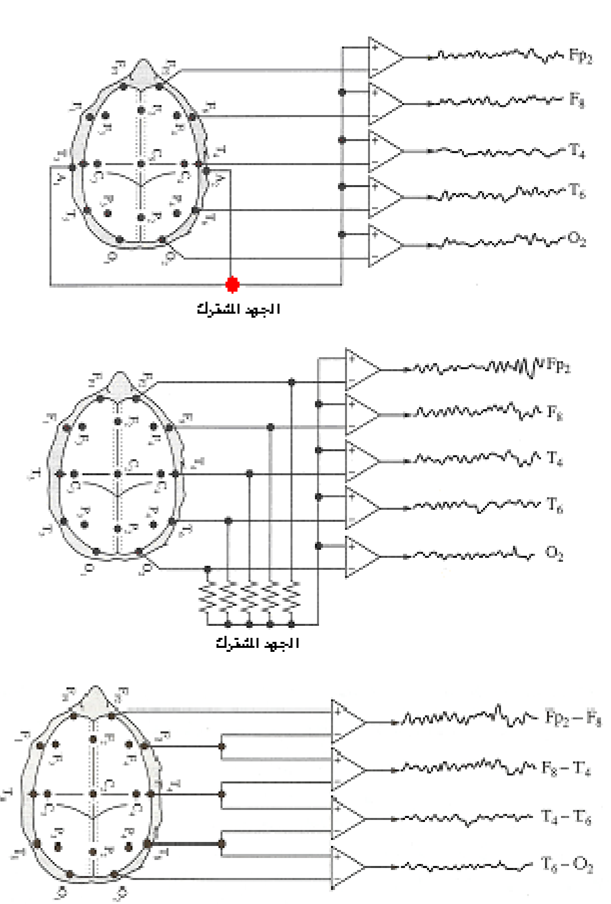


شكل ٤,٤ موضع الأقطاب على الرأس (الصورة للجهة اليسرى من الرأس)



شكل ٤,٥ موضع الأقطاب على الرأس (الصورة للجهة العلوية من الرأس)

عدد الأقطاب الحيوية المستخدمة لتسجيل إشارات الدماغ يصل إلى ٢٠ قطب. ١٩ قطب فعال وواحد محايد يستخدم للتأريض. توصل الأقطاب الحيوية بشكل زوجي إلى مدخل مكبر عمليات فرقي مكونة ١٠ توصيلات مختلفة موضحة كما في الشكل.



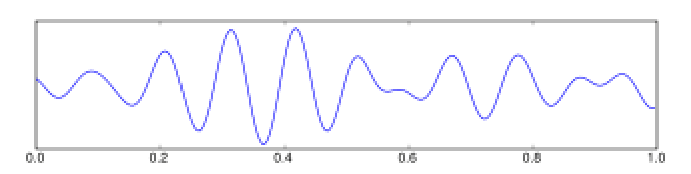
٤,٣,٢ مكونات إشارة تخطيط الدماغ

يمكن تصنيف النشاط الكهربائي للدماغ EEG إلى خمسة مكونات من النشاطات (الموجات) بالاعتماد على نطاق تردد الموجات وهي :

١. نشاط دلتا (δ) Delta activity بتردد من ٠,٥ إلى ٤ Hz.
٢. نشاط ثيتا (θ) Theta activity بتردد من ٤ إلى ٨ Hz.
٣. نشاط ألفا (α) Alpha activity بتردد من ٨ إلى ١٣ Hz.
٤. نشاط بيتا (β) Beta activity بتردد من ١٣ إلى ٢٢ Hz.
٥. نشاط جاما (γ) Gamma activity بتردد أعلى من ٢٢ Hz.

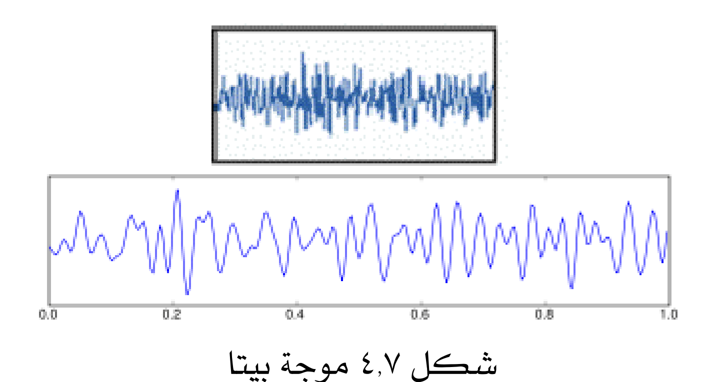
ولكل نشاط من النشاطات السابقة له معنى مختلف كما لكل منها ارتفاع موجة مختلف:

١) موجات ألفا (Alpha waves) وهي ذات ارتفاع لا يتجاوز١٠ μV ،ويمكن تسجيلها من المناطق الخلفية من الرأس وتشكل موجات ألفا التردد القياسي للدماغ الطبيعي في حالة اليقظة ولكن مغمض العينين وسائح الفكر. أما عند فتح العينين وتركيز الانتباه فهذا يقلل وبشكل كبير من ارتفاع موجات ألفا.



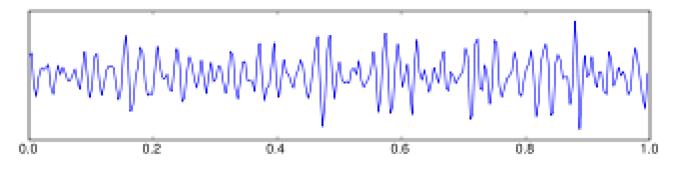
شكل ٤،٦ موجة الفا

٢) موجات بيتا (Beta waves) وهذه الموجات ذات ارتفاع أقل من ٢٠ μV ويمكن تسجيلها من مناطق الأمامية من الرأس .أي منبه حسي مرئي أو مسموع (فتح العينين أو سماع ضوضاء) يحول موجات الفا إلى بيتا .



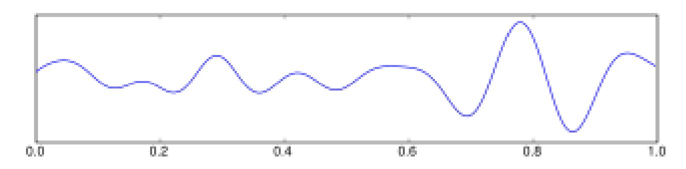
شكل ٤،٧ موجة بيتا

٣) موجات جاما Gamma waves وهي الأقل ارتفاعا ولا تتجاوز ٢ μV وتنتج من تركيز الانتباه وتحفيز حسي خارجي .



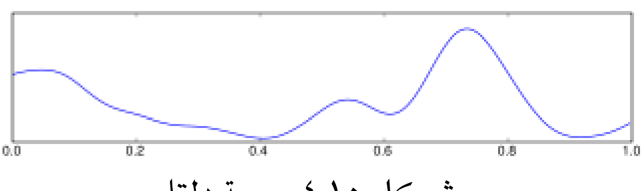
شكل ٤،٨ موجة جاما

٤) موجات ثيتا (theta) وهي موجات ذات ارتفاع كبير نسبيا ، يصل ارتفاعها إلى ١٠٠ μV وهي تعطي مؤشرا عن النوم.



شكل ٤,٩ موجة ثيتا

٥) موجات دلتا (Delta) وهي موجات ذات ارتفاع كبير نسبيا ، يصل ارتفاعها إلى ١٠٠ μV وهي تعطي مؤشرا عن النوم أيضا وتختلف عن موجات ثيتا بالتردد فقط.



شكل ٤,١٠ موجة دلتا

إن تخطيط الدماغ يتأثر بالعمر ودرجة الانتباه أو الذهول (من اليقظة إلى النوم العميق) ، و نقص الأكسجين ،و درجة الجوع أو العطش أو التخمة . وهذه التغيرات لها أسباب بايوكيماوية (هرمونية عصبية).

فتخطيط الدماغ بالنسبة للبالغين يختلف عنه عند الأطفال، فعندهم (Beta waves & Delta waves) (٣٠- ٦٠) مايكرو فولت ، وبمرور السنين فإن الدماغ ينضج فالتردد يكبر والسعة تتسع. وبتزايد السنين فإن تخطيط الأشخاص الصغار سوف يصبح أكثر شبها بالبالغين بتناغم من (9 – 12Hz) وسعة (60 - 150) مايكرو فولت وفي الأعمار الكبيرة فإن شكل تخطيط الدماغ سوف يتغير ثانية والتناغم الأساسي سوف يصبح أبطأ لكن بتردد أسرع .

٤،٣،٣ الفوائد الطبية لتخطيط الدماغ EEG

تخطيط الدماغ اليوم من اهم عمليات الفحص السري فمن خلال قراءة و تحليل إشارة تخطيط الدماغ EEG يتمكن الطبيب:

١) تشخيص حالات الصرع .
٢) معرفة حالات التشوه الخلقي عند الولادة .
٣) تشخيص حالات الأورام الدماغية.
٤) مراقبة المريض بعد حالة توقف القلب أو العجز الكلوي وذلك بمراقبة التغيرات الحاصلة في عمل الدماغ
٥) معرفة إذا كانت بعض الأمراض الدماغية عضويا أو نفسيا.
٦) تشخيص بعض حالات انخفاض الذكاء السريع المفاجئ .

أسئلة وتمارين

٧. اذكر مكونات الجهاز العصبي؟
٨. اذكر العوامل التي تؤدي إلى تكون جهد الراحة؟
٩. اشرح كيفية نشوء جهد الفعل؟
١٠. اشرح كيفية نشوء الإيعاز العصبي ؟
١١. اذكر جميع مكونات إشارة تخطيط الدماغ EEG؟
١٢. وضح معاني مكونات موجات تخطيط الدماغ EEG؟
١٣. ما هي فوائد تخطيط الدماغ EEG؟
١٤. ما هو عدد الأقطاب المستخدمة في عملية تخطيط الدماغ EEG؟



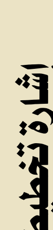
المملكـــة العربيـــة الســـعودية

المؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني

الإدارة العامة لتصميم وتطوير المناهج

الإشارات الطبية الحيوية

إشارة تخطيط العضلات



٥

جميع الحقوق محفوظة للمؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني

الوحدة الخامسة

إشارة تخطيط العضلات Electromyography

الجدارة: معرفة المتدرب على إشارة تخطيط العضلات وكيفية تكوينها.وكيفية نشأتها وطرق تسجيلها وكذلك التعرف على كيفية تشخيصها.

الأهداف:

عندما تكمل هذه الوحدة تكون لديك القدرة على معرفة :

١. آلية عمل العضلات
٢. تحفيز العضلات
٣. تكون إشارة تخطيط العضلات
٤. الأقطاب المستخدمة لتسجيل إشارة العضلات
٥. طرق وضع الأقطاب على لتسجيل إشارة العضلات
٦. خواص إشارات تخطيط العضلات

مستوى الاداء المطلوب: أن يصل المتدرب إلى إتقان هذه الجودة بنسبة ٩٠٪.

الوقت المتوقع للتدريب: ٣ ساعات.

الوسائل المساعدة :

١- سبورة .
٢- أقلام متعددة الألوان.
٣- عارض بيانات.
٤- حاسب آلي

متطلبات الجدارة:

اجتياز جميع الوحدات السابقة.

مقدمة

تشكل الأعصاب والعضلات والهيكل العظمي الجهاز الحركي للإنسان و تقع العضلات الهيكلية Skeletal muscle تحت التأثير العصبي ولا تتقلص بدون الأعصاب. تعتبر العضلات وسائل لتحويل الطاقة الكيميائية إلى طاقة ميكانيكية.تستجيب العضلات للتغيرات في المحيط الخارجي وبذلك يتلائم الجسم بحركته أو حركة عضو من أعضائه للظروف الخارجية. تعتمد الفعاليات الحيوية على التقلص العضلي مثل نبض القلب ، توسع أو تضيق الأوعية الدموية وحركة الأمعاء وغيرها.

كثيرا ما تتعرض العضلات الحركية إلى رضوض وتهتك لأسباب عديدة كالحوادث والجلطات وغيرها. وهنا لا بد من معرفة مستوى الأذى الذي لحق بتلك العضلات. لهذا الغرض يتم إجراء ما يدعى بتخطيط العضلات.

تخطيط العضلات Electromyography(EMG) هي تقنية تساعد على تسجيل التيارات الكهربائية الناتجة عن انقباض وانبساط العضلات. التيارات التي تجتاز العضلات أثناء انقباضها تدعى بتيارات الفعل وذلك. ويتم تسجيل إشارات العضلات (EMG) عن طريق وضع الأقطاب السطحية (Surface Electrodes) على سطح العضلة المراد فحصها أو بغرس قطبين موصولين للكهرباء ومعزولين في العضلة المراد تخطيط نشاطها.

هذه التقنية تشكل أداة تشخيص هامة في حالات الرضوض والشلل،لأنها تقرر وجود أو عدم وجود إصابة العصب أو انقطاعه فتعطي بذلك إمكانية التشخيص التفريقي بين الحالات الوظيفية لإعاقة حركة العضلة وبين الحالات العضوية انقطاع التعصب كما تتيح هذه التقنية إمكانية مراقبة تطور حالة المريض.

وقبل البدء في شرح تخطيط العضلات لا بد دون من التذكير بتكوين وفسيولوجية العضلات ومبدأ عملها.

٥,١ تكوين العضلات Muscle

تتكون العضلة من عدد من الألياف والخلايا والتي بدورها تكون الأنسجة العضلية. هناك ثلاثة أنواع رئيسة من العضلات تختلف عن بعضها في التركيب النسيجي والموقع والوظيفة الفسيولوجية ونوع الألياف العصبية المتصلة بها وهي: -

١) العضلات الملساء Smooth muscle

- وهي غير مخططة unstriated حشوية visceral ولا إرادية involuntary.
- تتميز أليافها بأنها مغزلية الشكل تحتوي على نواة في الوسط
- خالية من التخطيطات العرضية ولكنها تحوي تخطيطات طولية غير واضحة.
- توجد في جدران ألأعضاء الداخلية أو الحشوية وغير واقعة تحت التصرف الإرادي.
- تعد الأقل least specialized.
- تظهر إيقاعات بطيئة تقلصيه وإنبساطية.

٢) العضلات القلبية Heart muscles.

- تتميز العضلات القلبية باحتوائها على تخطيطات طولية وعرضية مندمجة مع بعضها مكونة ما يسمى بالمندمج Syncytium.
- لا تقع تحت التصرفات الإرادية.
- مزودة بألياف عصبية من الجهاز العصبي الذاتي
- أكثر تخصصا من الأولى More highly specialized
- تظهر إيقاعات سريعة تقلصيه وإنبساطية و توجد في القلب فقط

٣) العضلات الهيكلية Skeletal Muscles

- وهي مخططة striated وإرادية Voluntary.
- تتميز أليافها بأنها أسطوانية ذات عدة نوى
- عضلات قوية تتصل بالعظام وتزود بألياف عصبية جسيمة Somatic nerve fibers.
- تعد الأكثر تخصصا بين العضلات Most highly specialized
- تظهر إيقاعات سريعة وقوية وتوجد في الساق و الرأس واليدين.

٥,٢ الليف العضلي

- يتكون الليف العضلي من اندماج عدد كبير من الخلايا العضلية لذلك فإنه يحتوي عدد كبير من النوى.
- يحيط بالليف العضلي غشاء رقيق يسمى الساركوليما Sarcolemma يكون مملوء بمادة هلامية تسمى الساركوبلازم Sarcoplasm.

- توجد في الساركوبلازم آلاف التراكيب الخيطية ترى تحت المجهر بسهولة تدعى اللويفات العضلية Myofibrils.
- يزود العضلة عصب مختلف يتألف من ألياف حسية وألياف حركية.
- تتصل أللألياف الحسية بالمغازل العضلية لتحمل الإيعاز العصبي الوارد من العضلة إلى الجهاز العصبي المركزي Central Nervous System(CNS)
- يقوم الجهاز العصبي بإصدار الإيعازات العصبية خلال الألياف الحركية عن مقدار تقلص العضلة المناسب.
- تتصل نهايات الألياف العصبية بأغشية ألألياف العضلية بواسطة تركيب خاص يسمى الاندماج العضلي- العصبي Myoneural junction.

الاندماج العضلي- العصبي Myoneural junction

- لا يوجد اتصال بين سايتوبلازم نهاية الليف العصبي و سايتوبلازم نهاية الليف العضلي ولكن توجد فسحة ضيقة بين غشاء الليفين.
- تتميز تفرعات نهاية محور الخلية العصبية بأنها لا تحتوي غلاف دهني وتتسطح في نهايتها على شكل قرص يستقر في انخفاض الساركوليما في غشاء الليف العضلي وتدعى هذه المنطقة بالصفيحة النهائية الحركية Motor end plate
- عندما يصل الإيعاز العصبي إلى نهاية الليف العصبي تتحرر من داخل الحويصلات الصغيرة كمية من الأستيلكولين فتجتاز الفتحة بالانتشار البسيط.
- يسبب الأستيلكولين زوال الاستقطاب في غشاء الصفيحة النهائية ثم الساركوليما ومن ثم انتقال موجة من جهد التحفيز(جهد الفعل) Action Potential في الغشاء بسرعة.
- يعقب جهد التحفيز تقلص اللويفات العضلية.

٥,٣ أنواع تقلص العضلات Muscle contraction

هناك نوعان من التقلص العضلي:

١) التقلص متساوي الطول Isometric contraction: فيه لا يحدث تغيير في طول العضلة وإنما يزداد الضغط أو التوتر بداخلها، يحدث مثل هذا التقلص عندما تفشل العضلة في رفع ثقل معين، ففي هذه الحالة لا يكون هناك شغل خارجي مبذول، لأن وزن الجسم يكون أثقل مما تستطيع

العضلة تحريكه، ولذا يبقى طول العضلة كما هو بينما يرتفع معدل التوتر بداخلها.

٢) التقلص متساوي التوتر Isotonic contraction: وفيه يحدث تغيير في طول العضلة بينما يبقى الضغط أو التوتر بداخلها على حاله. ويحدث مثل هذا التقلص عندما يكون من المتيسر على العضلة رفع ثقل معين.

٥,٤ آلية التقلص العضلي Mechanism of muscle contraction

تمتاز ألياف العضلات الإرادية بوجود أقراص باهتة (مضيئة) وأخرى معتمة بالتبادل. وتعرف المنطقة الباهتة بالمنطقة المتجانسة أو شريط (I-band) وذلك لأنها شفافة أو ذات انكسار ثنائي ضعيف فتسمح بمرور الضوء. أما المنطقة المعتمة فهي لا تسمح بمرور الضوء لأنها ذات انكسار ثنائي حاد، ولذا تسمى بالمنطقة غير المتجانسة أو شريط (A-band) ويمر في منتصف كل شريط I خط داكن يسمى خط Z (Z-line) بينما يعبر كل شريط A خط باهت يسمى بالمنطقة H (H-Zone) ويطلق على الجزء الممتد بين كل خطين Z متتابعين القطعة العضلية Sarcomere

تتكون العضلات من مادتين بروتينيتين هما مادة الأكتين actin و الميوسين myosin. وليس لأي من هاتين المادتين القدرة على الانقباض بمفردها ولكنهما إذا وجدا معا يتكون منهما مركب الكتوميوسين actomyosin الذي يتقلص في وجود أيونات البوتاسيوم و الادينوسين ثلاثي الفوسفات(ATP) .

وقد لوحظ انه عند انقباض الليفة العضلية يقصر شريط I ، بينما يظل A ثابتا .

المظاهر الآلية للتقلص العضلي : Mechanical Aspect of Muscular Contraction

سنتناول هنا الظواهر الفيزيائية للعضلات التي ترافق التقلص العضلي كما هو مستمد من التجارب وبخاصة التبدلات في طول العضلة ودرجة توترها وسرعة تقليصها ونوعيتها. ولما كانت وظيفة العضلات توليد قوة أو تأدية شغل بالانكماش مقابل قوة كما يحدث عندما نرفع أشياء أو نضغط عليها لذلك تبقى دائما خاضعة للجهاز العصبي الذي يتحكم بنوعية ودرجة التقلص.

وأما الوظيفة الثانية فهي ثانوية وتقتصر على توليد الحرارة للجسم .

لأغراض التنبيه يستخدم جهاز كهربائي يولد رجات قصيرة منفردة أو مكررة.

تنبه العضلة تنبيها مباشرا بوضع أقطاب المنبه الكهربائي على سطحها مع الاحتياط لمنع انتقال التنبيه

عبر الملتقى العصبي- العضلي. ويفضل أن تكون أقطاب التنبيه من أسلاك الفضة المغطاة بطبقة من كلوريد الفضة (Ag_AgCl) ولا ينصح باستعمال أسلاك النحاس لأنه تولد أيونات النحاس (Cu2++) السامة.

تحدث عملية التقلص بسرعة فائقة فتستغرق النفضة (تقلص واسترخاء) ما يقارب من عشر الثانية. لذلك تسجل التبدلات الآلية Mechanical Changes بواسطة أجهزة حساسة اسمها الكيموجراف Kymograph .

قديما كان الكيموجراف يتكون من عتلة تتصل العضلة بأحد أطرافها ويتصل الطرف الحر الآخر بقلم متحرك. يسجل الطرف المتحرك التبدلات في طول أو توتر العضلة على هيئة رسوم بيانية على ورق متحرك. أما الآن فقد تحسنت طرق التسجيل باستخدام محولات الطاقة الميكانيكية Mechanical Transducer مثل معيار الإجهاد السيلكوني Silicon Strain Gauge والذي تتبدل مقاومته الكهربائية نتيجة تغيرات طفيفة في طوله مما يؤدي إلى تغيير الجهد الكهربائي الواقع عليه. وبذلك تتحول التبدلات الآلية إلى إشارات كهربائية يمكن مشاهدتها على شاشة العرض الحيوية monitor.

العلاقة بين المنبه والإستجابة:

أولا: النفضة العضلية البسيطة Simple Muscle Twitch

تحدث النفضة العضلية كما أسلفنا سابقا استجابة إلى رجة كهربائية . تمر النفضة بثلاثة مراحل مختلفة متتالية هي:

فترة الكمون Latent Period

تستغرق هذه الفترة مدة زمنية تتراوح من ٠,٤ إلى ١٠ ملي ثانية. وتمثل هذه الفترة الزمن المستغرق لانتقال التنبيه عبر الملتقى العصبي_العضلي وانتشار جهد فعل وتحرير أيونات الكالسيوم وفق آلية الازدواج التهيجي التقلصي.

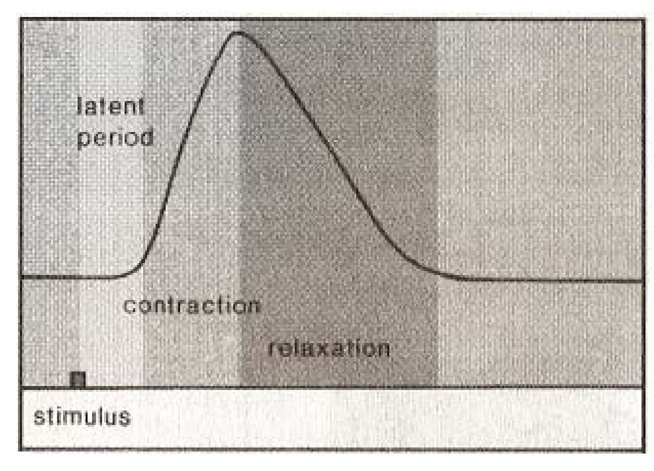
طور التقلص Contraction Phase

يدوم هذا الطور المكرس للتقلص الفعلي مدة تصل إلى ٤٠ ملي ثانية ويتزامن معه حدوث انكماش في طول العضلة أو زيادة في توترها.

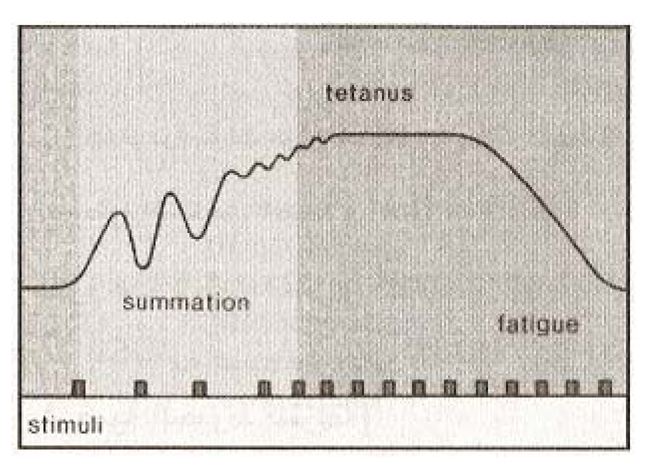
طور الارتخاء Relaxation Phase

هو الفترة اللازمة لعودة العضلة من حالة التقلص إلى حالة الكمون. يدوم طور الإرتخاء حوالي ٥٠ ملي ثانية ، تعود خلالها العضلة إلى طولها أو توترها عندما كانت مستريحة.

الشكل ٥,١ يمثل طور تقلص العضلة في حال تعرضها لمحفز واحد. أما الشكل ٥,٢ فيمثل طور تقلص العضلة لعدد من المحفزات متتالية في هذه الحالة تبقى العضلة في حالة تقلص إلى أن ينتهي المحفز أو عند إعيائها.



شكل ٥,١ طور تقلص العضلة في حال تعرضها لمحفز واحد.



شكل ٥,٢ فيمثل طور تقلص العضلة عند تعرضها لعدد متتالي من المحفزات

ثانيا: التقلص متساوي التوتر Isotonic والتقلص متساوي الطول Isometric:

عند الحديث عن التقلص العضلي يؤكد عادة على حالتي انكماش العضلة وزيادة التوتر فيها وهذه حالة خاصة تجمع بين نوعين من التقلصات يطلق على النوع الأول بالتقلص متساوي التوتر Isotonic وفيه تنكمش العضلة دون أن يطرأ أي تغير على توترها سواء كانت محملة أو غير محملة على أن يراعى في الأثقال أن لا تكون مانعة للانكماش . وكل الذي يحدث عند تنبيه العضلة حصول زيادة ملحوظة في توترها .

في أجسامنا تحدث تقلصات متساوية في التوتر أو الطول بنسب متفاوتة حسب المهمة التي تنفذها العضلة . فالتقلصات المتساوية الطول تحافظ في الإنسان على انتصاب الجسم ومقاومة الجاذبية عن طريق منعكسات وضعية Postrural Reflexes وتشمل عضلات الجهة الخلفية للرقبة وعضلات الظهر وعضلات الأطراف السفلى الباسطة . أما الحركات الأخرى كالمشي والجري فتتم من خلال تقلصات من النوع المتساوي التوتر .

ثالثا : حالة تدرج التقلص العضلي Stair case

يتألف العصب الذي يجهز العضلات الهيكلية من ألياف محركة وألياف حسية وبأعداد متساوية تقريبا . وتقع أجسام العصبونات المحركة في القرن الأمامي من المادة السنجابية ، في الحبل الشوكي . ولما كانت الألياف العضلية تفوق كثيرا عدد العصبيات المحركة فإن العصبونة الواحدة تتصل عن طريق فروعها بعدد من الألياف العضلية يبلغ ٢٠٠ ليف في العضلات الكبيرة و ٥ فقط في العضلة الصغيرة المحركة للمقلة وتسمى المنظومة التي تشمل العصبونة المحركة والألياف العضلية التي تجهزها بالوحدة الحركية Motor unit . وكلما كانت الوحدة الحركية الصغيرة كلما كان عمل العضلة دقيقا بالمقارنة مع العضلات الكبيرة . وهذا يحدد الطرح Output العصبي للعصبونات المحركة قوة تقلص العضلة وقوة الحركة الإرادية . وفي النشاطات الاعتيادية تتناوب الوحدات الحركية في عملها وتؤدي بذلك عملا دون إعياء . ومتى صارت الأعمال المطلوبة أكثر إجهاد زيد عدد الوحدات العاملة.

عندما يكون الطرح مناسب العصبي للعصبونات المحركة بطيئا بحدود١- ٥ نبضة في الثانية نحصل على نفضات بسيطة منفردة وبنفس التردد. وبزيادة الطرح من ١٠ إلى ٣٠ نبضة في الثانية نحصل على التحام غير كامل بين النفضات نتيجة للجمع العضلي يرافقه ارتفاع ملحوظ في التوتر ويظهر التقلص على هيئة رعشة مركبة تدعى بالرمح.

وإذا ما بلغ تردد الطرح ٥٠ إلى ٢٠٠ نفضة في الثانية تستجيب العضلة بتقلص مستمر أقوى من الرمح العضلي يعرف بالتكزز Tetanus.

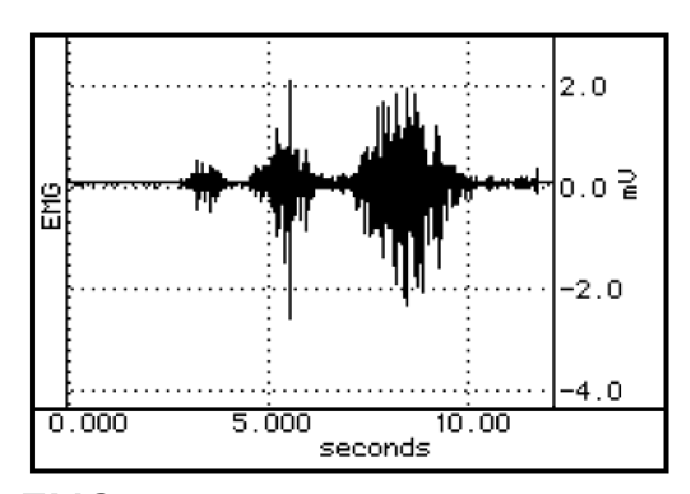
٥,٥ تخطيط العضلات

يستخدم لتسجيل إشارة العضلات ثلاثة أقطاب، قطبان فاعلان وقطب ثالث(مشترك) للتأريض. إذا كانت العضلة المراد فحصها بعيدة عن سطح الجلد يتم إدخال القطبين في تلك العضلة بواسطة الأقطاب الإبرية، عدا ذلك تستخدام الأقطاب السطحية وذلك بوضع القطبان على الجلد الملامس للعضلة المراد فحصها. لتقليل التشويش فلا بد من تقريب القطبين من بعضهما قدر الإمكان و لتحقيق ذلك

فيمكن استخدام اقطاب خاصة مكونة من زوج من الأقطاب كما في الشكل (٥,٣). القطب الثالث يوضع في مكان خالي من العضلات مثل غطاء عظمة الركبةknee cap أو قصبة القدم shin bone.



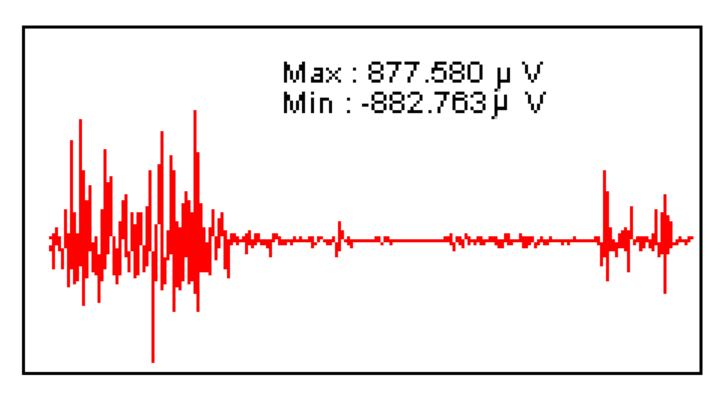
شكل (٥,٣) أقطاب سطحية لتسجيل إشارة EMG



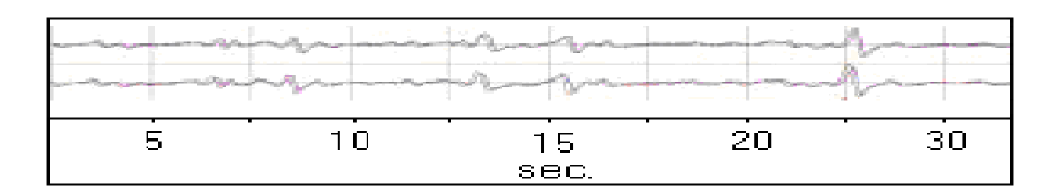
شكل ٥,٤ نموذج لإشارة تخطيط العضلات EMG

تمتاز إشارة تخطيط العضلات وكما هو موضح في شكل ٥,٥ بأنها إشارة ضعيفة فلا يتجوز ارتفاعها في معظم الحالات 5 mV لذا عند تسجيل تلك الإشارة نحتاج لتكبيرها بواسطة مكبر العمليات. كما إن مدى التردد لتلك لإشارات تخطيط العضلات يتراوح من ١٠ إلى ٥٠٠ Hz. تتأثر إشارات العضلات إلى أنواع متعددة من التشويش أهمها:

١. تشويش ناتج عن تغير موضح الأقطاب Movement of electrode (motion artifact) وهذا التشويش ذو ترددات منخفضة يتراوح مداها من ٠- ٢٠ Hz ويتم التخلص منه بواسطة مرشح يمرر الترددات المرتفعة بتردد قطع من ١٠- ٢٠ Hz.
٢. تشويش من الأجهزة الكهربائية Electrical noise المحيطة لجهاز تخطيط العضلات وهذا التشويش ذو ترددات مرتفعة مداها اكبر من ٢٠٠- ٥٠٠ Hz ويتم التخلص منه بواسطة مرشح يمرر الترددات المنخفضة بتردد قطع من٢٠٠- ٥٠٠ Hz، الشكل ٥,٦ يوضح شكل إشارة تخطيط العضلات بعد تمريرها عبر ذلك المرشح.



شكل 5.5: إشارة EMG مبينا ارتفاعها وتعرضها للتشويش



الشكل ٥,٦ إشارة تخطيط العضلات بعد تمريرها عبر المرشحات

أسئلة وتمارين

١. ما المقصود ب:
   أ- التقلص متساوي الطول
   ب- التقلص متساوي التوتر
٢. اشرح آلية تقلص العضلات؟
٣. اشرح حالة تدرج التقلص العضلي؟
٤. ما هي خواص ومميزات الأقطاب المستخدمة لتخطيط العضلات؟
٥. ما هي خواص ومميزات إشارات تخطيط العضلات؟
٦. اذكر أنواع التشويش التي تتعرض لها إشارات تخطيط العضلات وكيفية معالجتها؟



الإشارات الطبية الحيوية

إشارة الضغط

إشارة الضغط

٦

جميع الحقوق محفوظة للمؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني

الوحدة السادسة

إشارة ضغط الدم Blood Pressure

الجـدارة: معرفـة المتـدرب علـى إشـارة ضـغط القلـب وطـرق تسـجيلها وكـذلك معرفـة كيفيـة حسـاب مكوناتها.

الأهداف:

عندما تكمل هذه الوحدة تكون لديك القدرة على معرفة :

١. مراحل الدورة القلبية
٢. المقصود بضغط الدم
٣. أنواع ضغط الدم
٤. الأصوات المرافقة للدورة القلبية.

مستوى الأداء المطلوب : أن يصل المتدرب إلى إتقان هذه الجدارة بنسبة ٩٥٪.

الوقت المتوقع للتدريب: ساعتين

الوسائل المساعدة :

١- سبورة .
٢- عارض بيانات .
٣- حاسب آلي .
٤- عرض محاكاه العمل وإنبساط وأنقباض عضلة القلب وتزامن إشارة الضغط مع معها.

متطلبات الجدارة:

إجتياز جميع الوحدات السابقة.

مقدمة :

يعاني كثير من الناس من مشاكل مختلفة في عمل الدورة القلبية Cardiac Cycle . من أهم تلك المشاكل ارتفاع ضغط الدم أو انخفاضه. فما هو ضغط الدم وكيف يحدث. ولكن قبل ذلك لا بد من التعرف على الدورة القلبية وما يرافقها من أحداث.

يقصد بالدورة القلبية جميع الحوادث المرافقة للنبضة القلبية الواحدة من انبساطا وانقباضا لعضلات القلب وتدفق الدم عبر الأوردة والشرايين وما ينجم عنها من تغيرات آنية في الحجم والضغط وسرعة التدفق وغير ذلك.

٦,١ مراحل الدورة القلبية

٦,١,١ الانبساط والانقباض الأذيني Auricular Diastole systole

يستغرق الانبساط الأذيني Auricular Diastole ٠,١ ثانية يمتلىء خلالها الأذين الأيمن بالدم الوارد من أنحاء الجسم بواسطة الأوردة الجوفاء. ويمتلىء الأذين الأيسر بالدم الوارد من الرئتين بواسطة الوريدين الرئويين. القوة التي تعمل على سريان الدم من هذه الأوردة نحو الأذينين هي فرق الضغوط بين الأوردة والأذينين. ويكون الضغط داخل الأذينين أقل من الضغط داخل الأوردة نتيجة ل:

- ارتخاء جدران الأذينين أثناء عملية الانبساط .
- ارتفاع ضغط الأوردة نتيجة تدليك العضلات الهيكلية لجدرانها .

يبلغ الضغط الوريدي العام حوالي ١٠ ملم زئبق . وينخفض الضغط داخل الأذينين إلى حوالي صفر أو أقل بقليل أثناء عملية الشهيق. بعدها يحدث الانقباض الأذيني Auricular systole (يستغرق ٠,١ ثانية). يرتفع ضغط الدم داخل الأذينين ليبلغ:

- ٤ - ٦ ملم زئبق في الأذين الأيمن.
- ٧- ٨ ملم زئبق في الأذين الأيسر.

٦,١,٢ الانبساط والانقباض البطيني Ventricular Diastole systole

في هذه الأثناء يحدث الانبساط ألبطيني Ventricular Diastole ويستغرق ٠,٢ ثانية. ينخفض الضغط داخل البطينين إلى ما يقارب الصفر أي يصبح أقل من ضغط الأذينين. يؤدي ارتفاع الضغط في الأذينين عنه في البطينين إلى انفتاح الصمامات الأذينية – البطينية ودخول الدم من الأذينين إلى البطينين.وبعدها يحدث الانقباض البطيني Ventricular systole ويستغرق أيضا ٠,٢ ثانية. وهو

أقل من الانقباض الأذيني بفضل الجدران العضلية السميكة للبطينين ويؤدي إلى ارتفاع كبير في ضغط الدم داخل البطينين.

يبلغ الضغط في البطين الأيسر ١٢٠ ملم زئبق أو أكثر وفي البطين الأيمن ٢٥ ملم زئبق .

يؤدي ارتفاع ضغط في البطينين عنه في الأذينين إلى : انغلاق الصمامات الأذينية – البطينية ومنع رجوع الدم من البطينين إلى الأذينين . وكذلك تنفتح الصمامات شبه الهلالية Semilunar valves فيندفع الدم بقوة :

- من البطين الأيسر إلى الشريان الأبهر حيث يكون الضغط فيه ١٢٠ ملم زئبق.
- من البطين الأيمن إلى الشريان الرئوي حيث يكون الضغط فيه ٢٢ ملم زئبق.

بعد الانقباض يعتري البطينين الانبساط الذي يؤدي إلى انخفاض الضغط فيهما إلى الصفر. ولكن حالما يبدأ الضغط داخل البطينين بالانخفاض أقل من الضغط في الشريان الأبهر والشريان الرئوي . تنغلق الصممات شبه الهلالية وبذلك يمنع رجوع الدم إلى البطينين وتسمى مجموع هذه الحوادث بالدورة القلبية Cardiac Cycle .

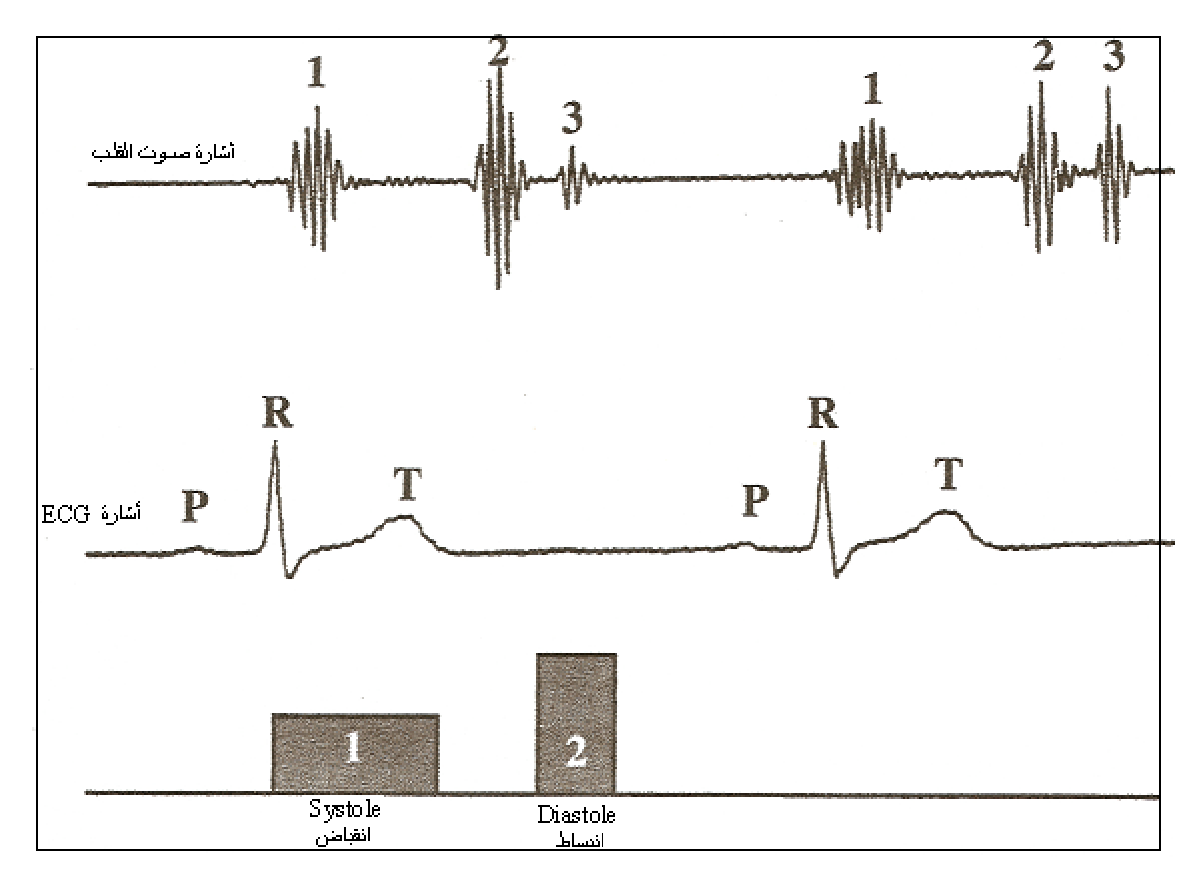
٦,٢ إشارات أصوات القلب Heart's Sounds Signals:

يرافق نبض القلب إشارتان صوتيتان متميزتان هما :

١. الصوت الانقباضي (الصوت الأول) Firt or systolic sound: يكون هذا الصوت أطول من الصوت الثاني وأوطأ نغمة ويشبه اللفظة "lubb" سبب هذا الصوت الاهتزاز الذي يحدث في الصمامات الأذينية – البطينية أثناء انغلاقها عند ابتداء الانقباض البطيني ventricular systole وكذلك الاهتزاز في جدران البطينين. إن أي عطب يصيب الصمامات الأذينية البطينية يؤثر على هذا الصوت.

٢. الصوت الثاني أو الانبساط Second or diastolic sound ويسبب الاهتزاز الحادث في الصمامات شبه هلالية نتيجة انغلاقها عند ابتداء الانبساط البطيني Ventricular diastole ويشبه اللفظ Dup . لذلك فإن نبض القلب يشبه صوت اللفظين Lubb-Dup .

وتعاد هذه الأصوات في كل دورة قلبية. أحيانا يمكن سماع أصوات إضافية في القلب الطبيعي. إشارة صوت القلب وتناغمها مع إشارة ECG متمثلة في الشكل (٦,١).



شكل ٦.١ إشارة صوت القلب وتناغمها مع إشارة ECG

٦,٣ إشارة ضغط الدم Blood Pressur

يتكون ضغط الدم نتيجة لانقباض جدران البطين العضلية. ويقصد بضغط الدم:

باللغة الطبية : الضغط داخل الشرايين الجهازية والتي تشمل الأبهر وتفرعاته .

بالمعنى الوظيفي : الضغط في تجاويف القلب الأربع أثناء الانقباض والانبساط وداخل الشرايين والأوردة والأوعية الشعرية .

يقاس الضغط في الإنسان في الشريان العضدي Brachial artery بواسطة جهاز قياس الضغط Sphygmomanometer ويتألف من كيس الضغط Pressur cuff وسماعة الطبيب Stethoscope ومفتاح مطاطي على شكل حويصلة مطاطية bulb ، مانوميتر زئبقي.

١. يربط الكيس حول العضد فوق المرفق بحوالي بوصة واحدة وتوضح السماعة تحت الكيس وفوق الشريان.
٢. ننفخ بواسطة الحويصلة المطاطية إلى أن يصبح الضغط داخل الكيس حوالي ٢٠٠ ملم الشريان .
٣. نظرا لأن هذا الضغط أعلى من ضغط الدم في الشريان العضدي فإنه يؤدي إلى سد الشريان .

٤. بعد ذلك ينخفض الضغط في الكيس بصورة تدريجية بفتح الصمام للتخلص من الهواء الزائد.
٥. يستمر ذلك حتى يسمع صوت يمثل مرور الدم في الشريان العضدي بعد أن كان مغلقا ويسمى صوت كوروتكوف Korotkoff sound بواسطة السماعات التي توضع على الشريان العضدي . بمثل الضغط الذي يقرأ على المانوميتر الضغط الانقباض Systolic Pressur .
٦. بعد ذلك يخفض الضغط في الكيس بصورة تدريجية الأمر الذي يجعل الصوت أعلى فأعلى إلا أن يخفت بصورة فجائية وهذا هو الضغط الانبساطي Diastolic Pressur .

عندما ينقبض البطين الأيسر يرتفع الضغط داخله إلى ١٢٠ ملم زئبق . يؤدي هذا إلى انتفاخ الصمام شبه الهلالي الكائن في بداية الأبهر .

يندفع الدم داخل الشريان الأبهر ويرتفع الضغط فيه إلى ١٢٠ ملم زئبق أيضا . يسمى هذا بالضغط الانقباضي Systolic Pressur .

بعد ذلك يبدأ البطين الأيسر بالانبساط فينخفض الضغط داخله إلى أن يصل إلى الصفر تقريبا . أما الضغط داخل الأبهر والشرايين المتفرعة منه فيبدأ هو الآخر بالانخفاض . عندما يصل الضغط حوالي ٨٠ ملم زئبق وينغلق الصمام شبه الهلالي وبذلك لا ينخفض الضغط في الشرايين دون هذا مطلقا.

يسمى هذا بالضغط الانبساطي Diastolic Pressur .

يسمى الفرق بين الضغطين الانقباضي والانبساطي بضغط النبض .

ضغط النبض = ١٢٠ – ٨٠ = ٤٠ ملم زئبق البالغين الأصحاء .

ضغط النبض = ١٢٠ – ٨٠ =40 ملم زئبق البالغين الأصحاء.

أما معدل (متوسط) الضغط فيحسب بإحدى الطريقتين:

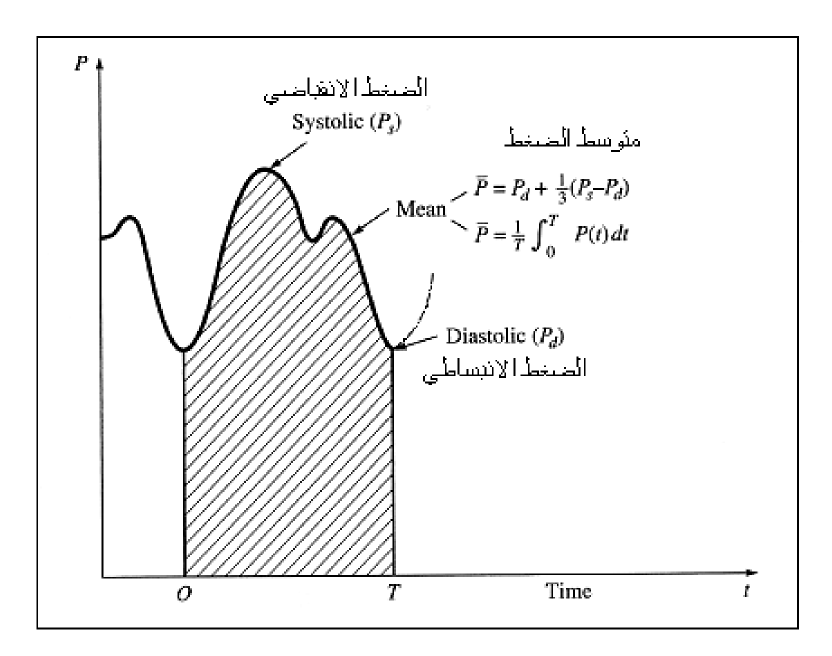
متوسط ضغط الدم = (الضغط الانقباضي- الضغط الانبساطي) ÷٢

=(١٢٠ + ٨٠) ÷٢ =١٠٠ ملم زئبق.

١. متوسط ضغط الدم =(ضغط النبض) ÷٣ + الضغط الانبساطي =١٠٠ ملم زئبق

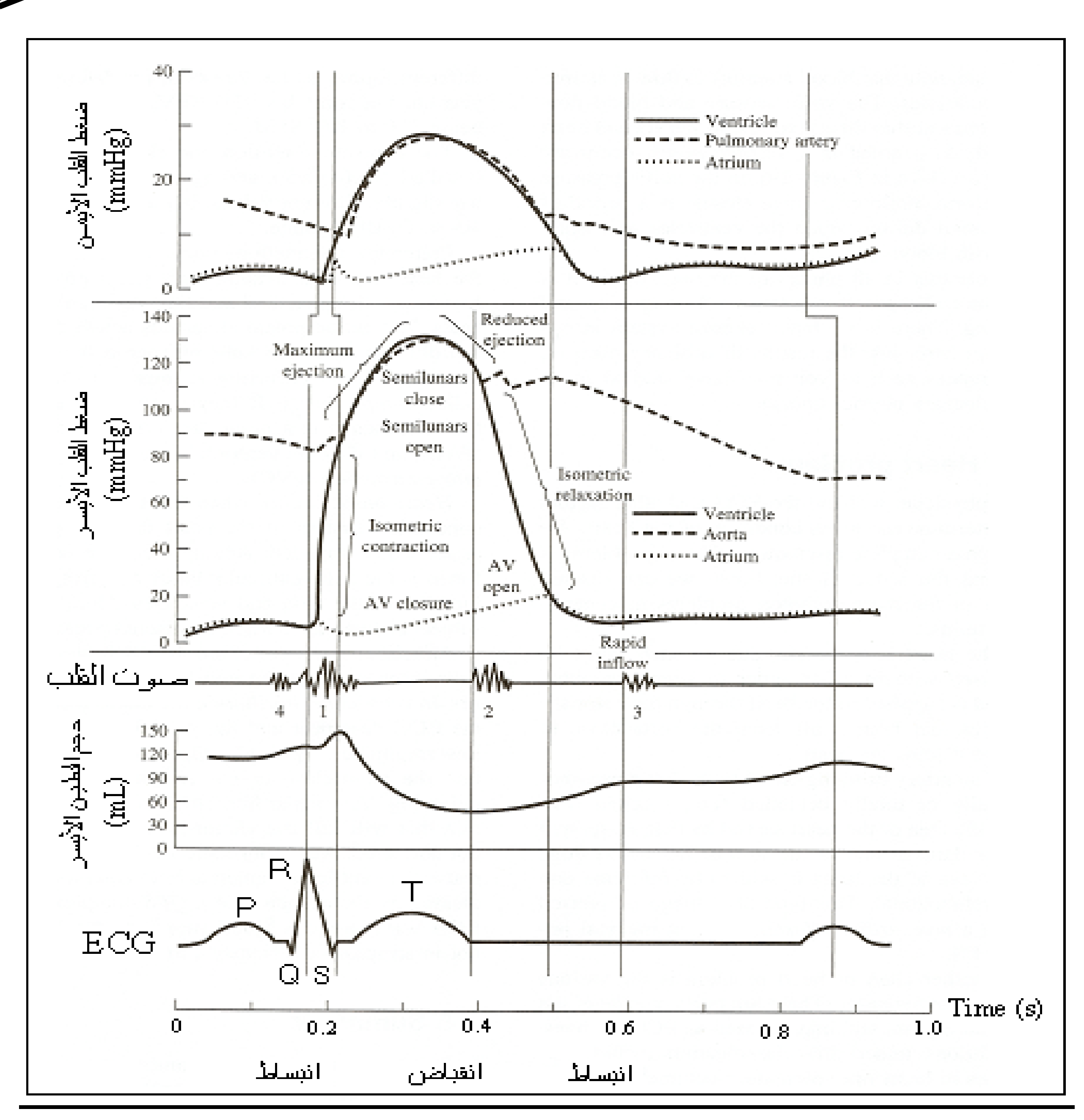
= (١٢٠ - ٨٠) ÷٣ +٨٠ =٩٣ ملم زئبق

شكل ٦،٢ يمثل إشارة الضغط مبينا فيها أنواع الضغوط الثلاثة: الضغط الانقباضي، الضغط الانبساطي ومتوسط ضغط.



شكل ٦,٢ يمثل إشارة الضغط

شكل ٦,٣ فيمثل إشارات ضغط الدم وتناغمها مع إشارة ECG و إشارة صوت القلب. حيث إن الأصوات الأربعة الموضحة في الشكل تنسب إلى العمل الميكانيكي من للصمامات الأربعة. تحفز العقدة الجيبية SA الأذينين على الانقباض ويبدأ ذلك فورا بعد موجة p على مخطط ECG. عندها يبدأ الضغط على الأذينين ويستمر هذا الضغط بالارتفاع ما دام الانقباض مستمرا. يبدأ البطينين بالانقباض بعد الموجه R على مخطط ECG ويصل ضغط البطينين إلى مستوى أعلى من ضغط الأذينين مما يؤدي ذلك إلى إغلاق الصمامات الأذينية البطينينة محدثة بذلك الصوت الأول. بعد أن يبدأ البطين الأيمن بالانبساط يقل الضغط إلى ٢٠ ملم زئبق مما يؤدي إلى فتح الصمام الرئوي بينما يواجه البطين الأيسر ضغط مرتفع فعندما يصل الضغط إلى 80 ملم زئبق يفتح الصمام الأورطي وهو ما يسبب الصوت الثاني ويصل إلى ذروة الضغط وهي ١٢٠ ملم زئبق بعدها يبدأ البطين بالانبساط وبدا الضغط بالانخفاض مما يؤدي إلى اغلاق الصمامين الرئوي والاورطي وهو ما يسبب الصوت الثالث. بعد اغلاق الصمامين تكون هناك فترة استرخاء يمتليء خلالها البطين بالدم.



شكل ٦,٣ إشارات ضغط الدم وتناغمها مع إشارة ECG وصوت القلب

أسئلة وتمارين

١. اذكر مراحل الدورة القلبية ؟
٢. ما المقصود بضغط الدم ؟
٣. اشرح كيفية الانبساط الأذيني ؟
٤. اشرح كيفية الانقباض الأذيني ؟
٥. وضح كيفية الانبساط البطيني ؟
٦. اشرح كيفية الانقباض البطيني ؟
٧. ما هي الأصوات المرافقة للدورة ؟
٨. وضح بالرسم تناغم إشارة صوت القلب وضغطه مع إشارة ECG؟
٩. عرف ضغط الدم الانبساطي و ضغط الدم الانقباضي ؟



المملكــة العربيـــة الســـعودية
المؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني
الإدارة العامة لتصميم وتطوير المناهج

الإشارات الطبية الحيوية

الإشارات الطبية ذات البعدين والثلاثة أبعاد

جميع الحقوق محفوظة للمؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني

الوحدة السابعة

الإشارات الطبية ذات البعدين و الثلاثة أبعاد

Two and three Dimensional Medical Signals

الجدارة: معرفة المتدرب على الإشارات ذات البعدين و الثلاثة أبعاد وكيفية تكوينها.وكذلك معرفة كيف تتكون الصور في الطبية المختلفة واستخداماتها في التشخيص.

الأهداف:

عندما تكمل هذه الوحدة تكون لديك القدرة على معرفة :

١. الإشارات ثنائية وثلاثية الأبعاد
٢. صورة الأشعة السينية
٣. صورة الرنين المغناطيسي
٤. صورة الأمواج فوق الصوتية

مستوى الأداء المطلوب:

أن يصل المتدرب إلى إتقان هذه الجدارة بنسبة ٨٥٪.

الوقت المتوقع للتدريب: ٤ ساعات

الوسائل المساعدة :

١- سبورة .
٢- أقلام متعددة الألوان .
٣- حاسب آلي .
٤- عرض نماذج طبية مختلفة (صور أشعة سينية ، صور ، رنين مغناطيسي وصورة.

متطلبات الجدارة:

يجب التدرُب على جميع المهارات لأول مرة.

مقدمة:

عرفنا الإشارة بأنها دالة مرتبطة بالزمن تصف كمية فيزيائية وتحمل معلومات عن تلك الكمية كالجهد v(t) والتيار i(t) وغيرهما. يطلق أيضا على تلك الإشارات مصطلح الإشارات ذات البعد الواحد لأنها تعتمد على متغير واحد وهو الزمن.

أما الإشارات ذات البعدين والثلاثة أبعاد فتطلق على الصور. وتعرف الصور على إنها مصفوفة من البيكسل Array of Pixels (البيكسل هو الوحدة الأساسية لبناء الصورة). المعلومات الكلية التي تحتويها الصور تمثل محصلة لضرب عدد البيكسلات المكونة للصورة و عدد المستويات لكل بيكسل.

أما الصور الطبية فهي التي تمثل الصور الملتقطة لجزء من جسم الإنسان وذلك لفحص حالة ذلك الجزء وبالتالي معرفة كيفية أدائه لوظائفه الفسيولوجية.

٧,١ التصوير بالأشعة السينية X-Ray Imaging

الأشعة السينية X-Ray هي عبارة عن موجات كهرومغناطيسية ذات طول موجة قصير جدا يتراوح طولها من ٠,٠١ إلى ١٠٠ انجستروم($\mathring{A}$) أي 10^{-10} إلى 10^{-12} متر ($1\mathring{A}=10^{-10}m$).

للأشعة السينية القدرة على اختراق والنفاذ من الأجسام بكميات تتناسب مع طاقة هذه الأشعة وسمك الأجسام التي تخترقها وعددها الذري. يمكن الحصول على الأشعة السينية باستخدام صمام (انبوب) خاص يدعى X-Ray tube.

لقد كان استخدام الأشعة السينية في التشخيص الطبي هو أول استخدام للمصادر المشعة في مجال الطب. إذ إنها كانت ولا تزال الأداة الفعالة في معرف مكونات الجسم. فمن خلال تصوير أعضاء الجسم المختلفة يستطيع الطبيب تشخيص حالة تلك الأعضاء.

إن أهم خاصية للأشعة السينية هي قدرتها على النفاذ داخل الجسم البشري بأبعاد تختلف باختلاف طاقة هذه الأشعة فجزء من الأشعة يتم امتصاصه من قبل أنسجة الجسم وجزء آخر ينفذ خارج الجسم. الأشعة التي تنفذ خارج الجسم هي التي يستفاد منها لغرض التشخيص الطبي وذلك بتكوين صورة العضو المراد تشخيصه.

تتكون الصورة بوضع لوح فوتوغرافي (فيلم) تسقط عليه الأشعة التي نفذت من الجسم وأحيانا تستخدم شاشة فلورية بدل اللوح الفوتوغرافي لمشاهدة العضو وأدائه.

عند تعرض اللوح الفوتوغرافي لحزمة شعاعيه فإن مقدار الاسوداد الحاصل في اللوح يتناسب

ومقدار الأشعة الساقطة عليه. وكمية الأشعة الساقطة عليه هي الأشعة التي نفذت من الجسم. بما أن الجسم يحتوي على أنواع عديدة من الأنسجة والعظام والشحوم المختلفة في كثافتها وتركيبتها فهي تملك معاملات امتصاص مختلفة.

نتيجة لذلك فإن حزمة الأشعة الخارجة من الجسم تكون غير منتظمة وغير متجانسة فيكون تأثيرها على اللوح الفوتوغرافي أو الشاشة الفلورية مختلفا من موضع إلى أخر بحسب شدة الأشعة النافذة. بما أن الأفلام حساسة لكمية الأشعة الساقطة عليها لذا يكون تأثيرها متباين في الوضوح بين الأسود و الأبيض مكونة بذلك صورة للجزء المراد تشخيصه يطلق عليها صورة الأشعة السينية. الشكل (٧,١) يوضح نموذجا لصورة الأشعة السينية مأخوذة لمنطقة الصدر. Chest X-Ray.



الشكل (٧,١) صورة أشعة سينية لمنطقة الصدر. Chest X-Ray.

٧,٢ جهاز المسح الاشعاعي المحوسب Computed Tomography Scan (CT-scan)

من المعلوم إن العديد من أعضاء الجسم لا يمكن تصويرها بالأشعة السينية كما أن التصوير الشعاعي في حالات أخرى لا يعطي صورة واضحة لإصابة مرضية معينة إلا بعد أن يكون حجم هذه الإصابة كبيرا ، في حين أن التصوير أو التخطيط بواسطة المواد المشعة يعطي نتائج أدق من ذلك وفي مراحل الإصابة الأولى تقريبا .

إن تصوير أي عضو من أعضاء الجسم أو تخطيطه يتم اختيار العنصر المشع الملائم لهذا الغرض بحيث يكون الامتصاص له عاليا .

إن تصوير أو تخطيط أي عضو من الأعضاء يمكن إن يتم بطريقة من اثنتين :

١- استعمال كاشف بلوري متحرك يقوم بمسح منطقة تغطي العضو ، وفي هذه الحالة فإن حجم الكاشف البلوري لا يكون كبيرا ويطلق على هذا النوع من الأجهزة اسم أجهزة التخطيط (Scanners).

٢- استعمال كاشف بلوري ثابت ذي مساحة كبيرة تغطي العضو المراد تصويره ويسمى هذا الجهاز (Camera) ، إن كلا النوعين من الأجهزة المستخدمة في التخطيط أو التصوير ، تعتمد أساسا على تصميم متشابه في تركيب بقية الأجهزة من النوع الأول (Scanners) تظهر صورة العضو على شكل خطوط صغيرة (Dashes) مع إمكانية إظهار الشكل نفسه على فلم فوتوغرافي، فتكون الصورة الناتجة بأجهزة التخطيط ذات أبعاد مساوية للأبعاد الحقيقية للعضو ، في حين أن الأجهزة من النوع الثاني (Camera) تقوم بإظهار صورة العضو على شكل نقاط صغيرة بواسطة (Polaroid Camera) تركيب عادة على أنبوبة شعاع المهبط (Cathode XRay–Tube) الملحقة بجهاز التصوير .

وفي حالة التصوير بهذه الطريقة فإن الصورة الناتجة تكون ذات أبعاد أصغر من الأبعاد الحقيقية للعضو. ولأجل رسم معالم عضو من أعضاء الجسم سواء بطريقة التخطيط أو التصوير ؛ فإن الكاشف البلوري يجب أن يرينا العضو بكامله سواء على مراحل كما في أجهزة التخطيط أو دفعة واحدة كما هو الحال في أجهزة التصوير.

ففي حالة الأجهزة الأولى فإن مضاعف إلكترونات ضوئي Photomultiplier واحد كاف لأداء الغرض، في حين إن أجهزة من النوع الأخر تحتوي على العديد من المضاعفات الإلكترونية الضوئية موزعة بطريقة تغطي بها المساحة السطحية للكاشف البلوري.

إن الغرض الأساسي من إجراء عملية التخطيط أو التصوير لأحد أعضاء الجسم هو معرفة طريقة توزيع

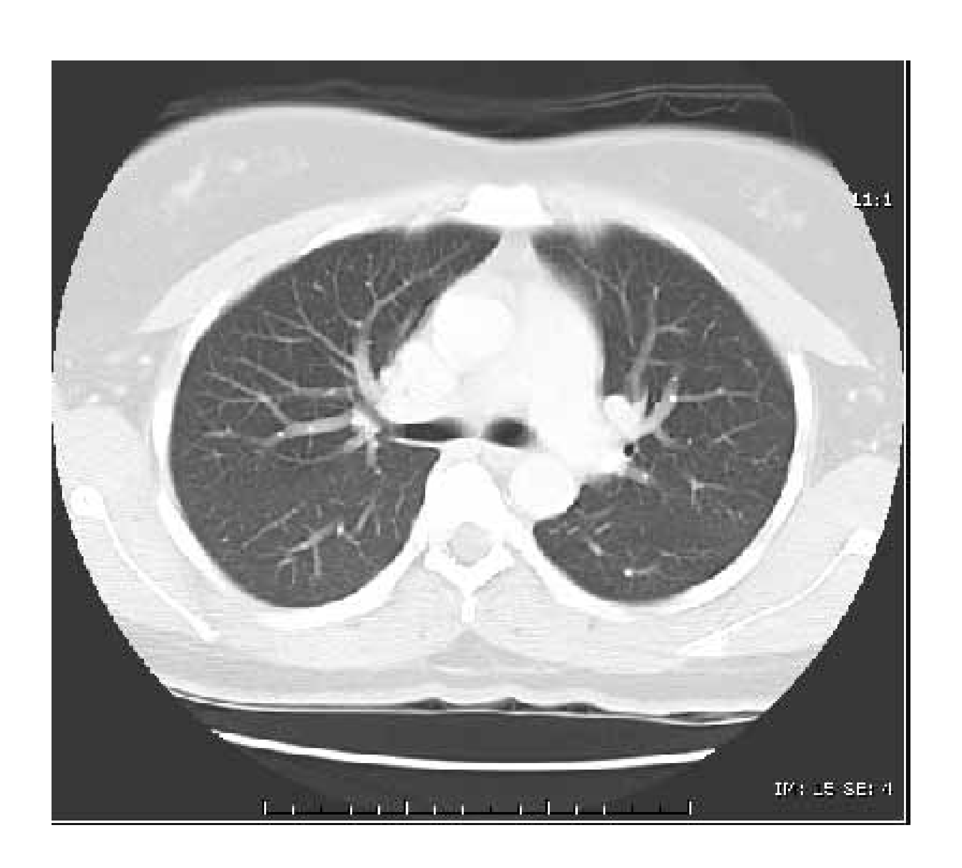
المادة المشعة فيه وأسلوبه ، فالعضو الطبيعي الذي لا يشكو من إصابة مرضية معينة يكون توزيع المادة المشعة فيه متجانسا ، وتظهر صورته في جهاز التخطيط أو جهاز التصوير كاملة وتكون الخطوط (Ashes) أو النقاط في وحدة المساحة متساوية في حين أن العيب المرضي من شأنه أن يولد توزيعا غير متجانس في المادة المشعة تظهرها الأجهزة على شكلين :

مناطق ذات تركيز ضعيف تسمى (Cold Area) .

مناطق ذات تركيز عال تسمى (Hot Area) .

وكلتا الحالتين تشيران إلى تصرف غير طبيعي في هذا العضو فضلا عن إن التخطيط أحد الأعضاء أو تصويره يوضح موقعه في الجسم من الناحية التشريحية ، حيث يصبح بالإمكان معرفة مدى التضخم الحاصل إن وجد أو مدى الانحراف عن الوقع الأصلي ومن ثم القيام بالتحري عن السبب.

الشكل ٧.٢ يمثل صورة للصدر بواسطة CT-scan مبينة أدق التفاصيل كالأوعية الدموية للرئتين مما يساعد على تشخيص حالة الرئتين بشكل أفضل من التصوير بالأشعة السينية.



شكل ٧.٢ صورة للصدر بواسطة CT-scan مبينة الأوعية الدموية للرئتين

٧,٣ التصوير بالرنين المغناطيسي Magnetic Resonance Imaging(MRI)

التصوير بالرنين المغناطيسي هي تكنولوجيا معقدة وتعرف باسم MRI وهي اختصار للجملة Magnetic Resonance Imaging والتي في الحقيقة تعتمد على الظاهرة الفيزيائية المعروفة بالرنين المغناطيسي النووي والتي من الأجدر أن يكون اسم الجهاز الرنين المغناطيسي النووي ويختصر NMRI ولكن نظراً للواقع الكلمة النووي على المريض أو المستمع فإن العلماء فضلوا الاكتفاء بالاسم MRI.

اكتشفت ظاهرة الرنين المغناطيسي عام ١٩٤٦ وجاء أول تطبيق لها في الطب لغرض التصوير التشخيصي في عام ١٩٧٦. تعتمد هذه التقنية على التعامل ألرنيني لأشعة كهرومغناطيسية في مدى الأشعة الراديوية مع نويات ذرات مواد معينة لها صفات مغناطيسية يمكن توظيفها لغرض التصوير في المجال الطبي التشخيصي.

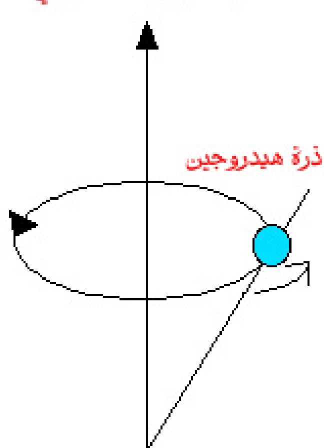
تتكون صورة الرنين المغناطيسية من الإشارات الكهربائية الناتجة عن محصلة الطاقة المخزونة في الجزء المراد تشخيصه. تعتمد الإشارات الكهربائية تلك على محصلة الطاقة المخزونة في الجزء المراد تصويره حيث إن هذه الطاقة تتولد نتيجة دوران بروتونات أنوية الذرات حول نفسه عند وضعها في مجال مغناطيسي شديد القوة. وتصل شدة المجال المغناصيسي المستخدم في الجهاز ما يزيد عن ٢ تسلا ، والتسلا هي وحدة قياس شدة المجال المغناطيسي والتي تساوي ١٠٠٠٠ جاوس وللمعرفة تبلغ شدة المجال المغناطيسي للأرض 0.5 جاوس وهذا دلالة على ضخامة المجال المغناطيسي المستخدم في جهاز MRI. يتم تحويل هذه الإشارات الكهربائية بواسطة الحاسب إلى معلومات رقمية ومن ثم تكوين صور ثلاثية الأبعاد للعضو المراد تشخيصه.

يمتاز التصوير بالرنين المغناطيسي عن التصوير بالأشعة بأنه تصوير آمن فلا يحدث تأين لخلايا الجزء المصور وذلك لعدم استخدام الأشعة.

كيف نحصل على الصور باستخدام MRI

نعلم أن أية مادة ومنها جسم الإنسان يتكون من بلايين الذرات المختلفة ، ونواة هذه الذرات تتحرك حركة دورا نية حول محور كما في الشكل (٧,٣) الموضح أدناه حيث تشكل هذه الحركة شكل مخروط حول محور الدوران لذرة الهيدروجين.

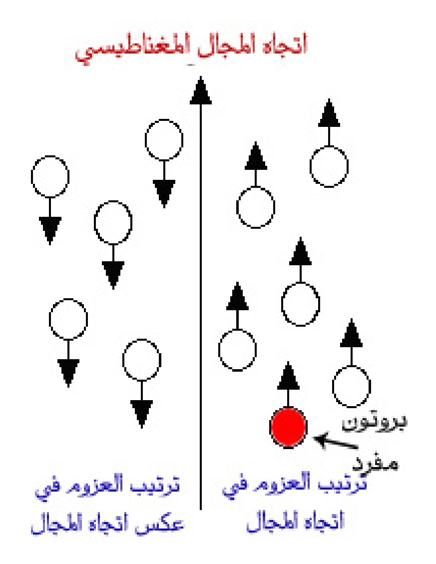




شكل ٧,٣ حركة ذرة الهيدروجين حول المجال المغناطيسي

ولنتخيل أن هذه البلايين من الأنوية عشوائية في حركتها حيث إن كل نواة تتحرك حول محورها بصورة متسلقة عن النواة الأخرى، وكما نعلم ان الجسم مكون من مواد مختلفة وبالتالي من ذرات مختلفة ولكن التصوير بالرنين المغناطيسي MRI يركز فقط على ذرة الهيدروجين حيث إنها الذرة المثالية لأن النواة تحتوي على بروتون واحد وله عزم مغناطيسي كبير نسبياً وهذا يعني انه عندما تتعرض ذرة الهيدروجين إلى مجال مغناطيسي خارجي فإنها سوف تتأثر به بحيث يصبح اتجاه العزم المغناطيسي في اتجاه المجال المغناطيسي الخارجي أو في عكسه. كما يحدث للإبرة المغناطيسية في مجال مغناطيسي حيث تدور حول محورها وتستقر في النهاية في اتجاه المجال المغناطيسي كما يمكن إجبارها على أن تستقر في عكس اتجاه المجال المغناطيسي.

كل بروتونات ذرة الهيدروجين تترتب في اتجاه المجال أو في عكس اتجاه المجال ولا يمكن أن يكون هناك ترتيب آخر كما هو موضح في الشكل(٧,٤). العدد الأعظم من تلك البوترونات عزومها المغناطيسية تلغي بعضها ولا يبقى إلا القليل كما في الشكل البروتون المميز باللون الأحمر فلا يوجد بروتون آخر بعكس اتجاهه ليلاشي عزمه المغناطيسي.



شكل ٧,٥ اتجاه ترتيب ذرات الهيدروجين بالنسبة للمجال المغناطيسي

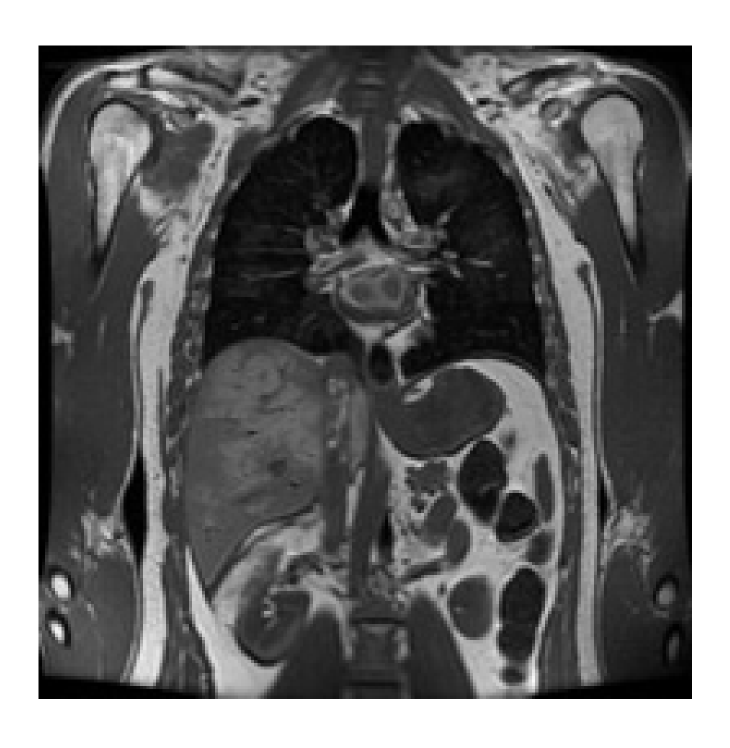
يتم توجيه موجات الراديو على شكل نبضات على الجزء المراد فحصه من جسم الإنسان بتردد مناسب لذرة الهيدروجين فقط وتستجيب له فقط البروتونات المفردة وهذا الجزء يسمى بالرنين Resonance حيث تجعل نبضات أمواج الراديو تلك البروتونات تأخذ اتجاه محدد وتدور بتردد يسمى تردد لارمور Larmour frequency وهو تردد الرنين لأن أمواج الراديو تم اختيارها في مدى استجابة بروتونات ذرة الهيدروجين فقط.

عندما تتوقف أمواج الراديو فإن ذرات الهيدروجين التي تأثرت بتلك الأمواج تعود إلى وضعها الأصلي قبل تشغيل نبضات بأمواج الراديو محررة الطاقة التي اكتسبتها يتم التقاط هذه الطاقة بواسطة ملف توليد أمواج الراديو وترسل إلى الحاسوب الذي يقوم بتحليلها باستخدام معادلات رياضية تعرف باسم تحويلات فورير Fourier Transform ومن ثم يتم ترجمتها إلى صورة.

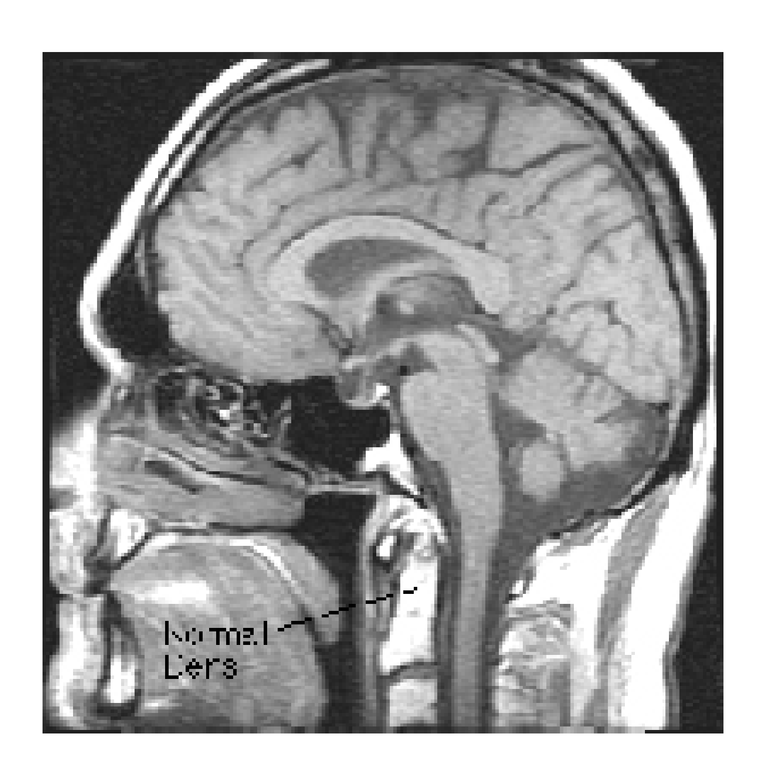
كما في التصوير بأشعة أكس أو التصوير بالأشعة المقطعية فإنه يتم حقن المريض بمادة لزيادة التباين الذي تعمل على توضيح الجزء المراد تصويره في الجسم وتميزه عن الأعضاء المجاورة كذلك هو نفس الحال في حالة التصوير بجهاز الرنين المغناطيسي ولكن المادة المستخدمة في هذه الحالة تختلف، حيث إن المادة المستخدمة في حالة التصوير بأشعة أكس أو الأشعة المقطعية التي تستخدم أشعة أكس أيضا فإن المادة المستخدمة تتأين إذا تعرضت لأشعة أكس مما يعني أنها سوف توقف أشعة أكس من النفاذ من ذلك العضو الذي يحتوي على مادة التباين. وبهذا نحصل على صورة لذلك العضو عن طريق الظل الذي تم تصويره. ولكن مادة التباين المستخدمة في الرنين المغناطيسي لها وظيفة مختلفة تماماً، فهي تعمل على

تغير المجال المغناطيسي الموضعي للأنسجة التي تفحص، وتصبح استجابة الأنسجة الطبيعية مختلف عن الأنسجة المصابة بمرض.

بالإضافة إلى أنها طريقة آمنة يمتاز التصوير المغناطيسي بدقة متناهية وعلى مستوى الخلايا. مما يعطي نتائج مبهرة في تشخيص الحالات المرضية مبكرا كاكتشاف الأورام قبل تطورها مما يتيح السيطرة عليها ومعالجتها.الشكل ٧,٦ و٧,٧ يمثلان نموذجين للتصور المغناطيسي. الشكل ٧,٦ يمثل **صورة** MRI **للأعضاء الداخلية لجسم الإنسان**. **أما الشكل** ٧,٧ فيمثل **صورة**MRI **للد**ماغ . كلتا الصورتان تمتازان بالتباين العالي والوضوح مقارنة بصورة جهاز CT.



شكل ٧,٦ صور MRI **للأعضاء الداخلية لجسم الإنسان**



شكل ٧,٧ صورة للدماغ باستخدام MRI

٧,٤ التصوير بالأمواج فوق الصوتية (Ultrasound)

في الثمانينات من القرن الماضي حدثت ثورة حقيقية في عالم التصوير بالموجات فوق الصوتية في مجال التشخيص الطبي ثنائي الأبعاد (B-Mode) والذي عن طريقه تم التعرف على حياة الجنين الفعلية، وحركاته، وتصرفاته، ونبضات القلب، والتنفس في رحم الأم. وكان أول جهاز فعال في هذا المجال عام ١٩٨٥ في ألمانيا ، وكانت الثمانينات هي ميدان التنافس للشركات المصنعة لأجهزة الألتراساوند لتقديم أدق الصور وأوضحها.

الألتراساوند هي تكنولوجيا تستخدم الأمواج فوق الصوتية في التصوير الطبي وتستخدم أمواج صوتية ذات ترددات اكبر ٢٠ كيلو هرتز أي أكبر من الترددات التي تسمعها أذن الإنسان وتعتمد فكرة عمل تلك الأجهزة الطبية على الأمواج فوق صوتية التي تسقط على الجسم وتنعكس عنه مثل ما يقوم الخفاش الذي يطير في الليل مستعينا بالأمواج فوق صوتية التي يحدثها لتسقط على الأجسام أمامه وتنعكس عنها ويسمعها فيحدد مساره دون الحاجة إلى حاسة الإبصار ليستدل على الطريق ولذلك

يستطيع الطيران في الليل. وتعتمد فكرة استخدام الأمواج فوق الصوتية على الأحداث التالية:

١) يرسل جهاز الأمواج فوق الصوتية أمواج صوتية بترددات صوتية عالية تتراوح بين ١ إلى ٥ ميجاهرتز على صورة نبضات توجه إلى جسم الإنسان من خلال مجس خاص.

٢) تخترق الأمواج فوق الصوتية جسم الإنسان لتصطدم بالفواصل والحدود الموجودة بين مكونات الجسم المختلفة مثل السوائل الموجودة بين طبقات الجلد الحد بين طبقة الجلد والعظم.

٣) جزء من الأمواج فوق الصوتية تنعكس عن الحدود الفاصلة بين مكونات جسم الإنسان وتعود إلى المجس بينما تستمر باقي الأمواج فوق الصوتية لتخترق طبقات أعمق في جسم الإنسان لتصل إلى حدود فاصلة أخرى وتنعكس عنها وترتد إلى المجس

٤) يلتقط المجس الأمواج فوق الصوتية المنعكسة تباعاً عن طبقات جسم الإنسان التي اخترقها ويغذي فيها جهاز الأمواج فوق الصوتية

٥) يقوم جهاز الأمواج فوق الصوتية بحساب المسافة بين المجس وطبقة الجلد أو العضو الذي انعكست عنه الأمواج فوق صوتية مستخدما سرعة تلك الأمواج في جسم الإنسان والتي تبلغ 1540m/s ومستخدماً الزمن اللازم لعودة الموجات فوق الصوتية للمجس والتي تكون في في حدود الميكروثانية أي 10-6sec

٦) يظهر جهاز الأمواج فوق الصوتية العلاقة بين المسافة وشدة الإشارة المنعكسة من جسم الإنسان لتكون توزيع ثنائي الأبعاد للمسافة والشدة والتي تعبر عن الصورة التي نشاهدها على جهاز الأمواج فوق الصوتية كالصورة الموضحة في الشكل (٧،٨) التي تمثل صورة أمواج فوق صوتية لجنين في الأسبوع الثاني عشر ويظهر على اليمين الرأس وجزء من العنق وباقي الجسم إلى اليسار.

شكل ٧,٨ صورة أمواج فوق صوتية لجنين في الأسبوع الثاني عشر

في أي جلسة للتصوير باستخدام جهاز الأمواج فوق الصوتية فإن ملايين النبضات الصوتية التي ترسل للجسم وتستقبل مرة أخرى لتحلل وتحسب المسافة القادمة منها تلك الأمواج لتعطي الصورة التي نراها ، كما ان تحريك المجس من مكان لآخر يمكن أن يعطي صور من منظور مختلف.

التصوير فوق الصوتي ثلاثي الأبعاد 3D Ultrasound Imaging

وبعد ثورات العلم المتأججة على كل صعيد ومتطلبات العصر المتجددة غدت أجهزة الألتراساوند الثنائية الأبعاد غير مرضية- بالرغم من كل النجاح الذي حققته- وتوجه العلماء نحو البعد الثالث للحصول على صور حية مجسمة لما يحدث في جسم الإنسان. وفي اليابان في جامعة طوكيو كان أول تقرير حول نظام الأبعاد الثلاثية (الطول، العرض، العمق أو الارتفاع) عام ١٩٨٤ وأول محاولة ناجحة في الحصول على صورة جنين ثلاثية الأبعاد من صورة ثنائية الأبعاد عن طريق الكمبيوتر كانت عام ١٩٨٦.

وبعد تطوير أجهزة الألتراساوند مستقلة ثلاثية الأبعاد كانت المشكلة في الفترة الزمنية التي يستغرقها التقاط كل مقطع حيث تتجاوز العشر دقائق وهو ما يستحيل معه العمل سواء للطبيب المعالج أو المريض وبالتالي يستحيل معه التسويق. ومع الجهود المكثفة والتطوير المستمر كان أول جهاز الألتراساوند ثلاثي الأبعاد يأخذ محلا تجاريا في الأسواق في عام ١٩٨٩ في النمسا

وتعتمد فكرة هذا الجهاز للحصول على صور مجسمة ثلاثية الأبعاد لأعضائه الداخلية في جسم الإنسان أو للجنين من خلال تمرير المجس فوق الجسم أو إدارة المجس حول الجسم لأخذ عدة صور ويقوم الكمبيوتر بتكوين الصور المجسمة منها كما في الشكل ٧,٩.



شكل ٣,٩ صور ثلاثية الأبعاد للجنين باستخدام التقنيات الحديثة للتصوير بالأمواج فوق الصوتية.

أسئلة وتمارين

١. ما هو الفرق بين الإشارات أحادية البعد والإشارات ثنائية وثلاثية الأبعاد ؟
٢. اشرح كيف تتكون صورة الأشعة السينية ؟
٣. اذكر طرق التصوير أو التخطيط بالماسح الإشعاعي CT-Scan ؟
٤. ما هو الفرق بين صورة الأشعة السينية و التصوير أو التخطيط بالماسح الإشعاعي CT-Scan؟
٥. وضح كيف تتكون صورة الرنين المغناطيسي؟
٦. بم يمتاز التصوير بالرنين المغناطيسي عن التصوير بالأشعة؟
٧. ما هي أهم استخدامات الصورة باستخدام الأمواج فوق الصوتية؟
٨. اذكر الخطوات التي تمر بها تكوين الصورة باستخدام الأمواج فوق الصوتية؟

المراجع

المراجع العربية

١. علم وظائف الأعضاء — أ.د ناصر العلوجي
٢. تكنولوجيا الأجهزة الطبية — م. أحمد البوريني

المراجع الأجنبية

1. Introduction to Biomedical Engineering Technology — Carr Brown
2. Medical Instrumentation Application and Design — John Webster
3. Medical Instrumentation and Measurements

المحتويات